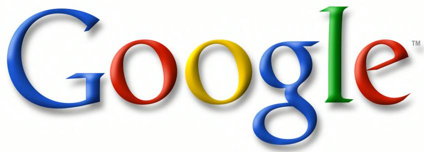
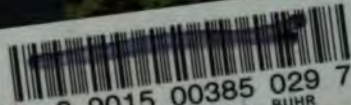
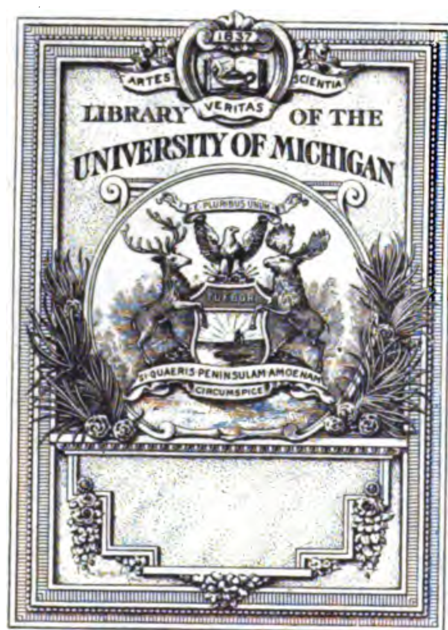



A 3 9015 00385 029 7
University of Michigan – BUHR


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANNALES

DES MINES

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'Administration des Mines et sous la direction d'une commission spéciale, nommée par le Ministre des travaux publics. Cette commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le directeur du personnel et du secrétariat, est composée ainsi qu'il suit :

MM.
TOURNAIRE, inspecteur général des mines, *président*.
JACQUOT, inspecteur général.
DE CHANCOURTOIS, d°
BOCHET, d°
PESCHART D'AMBLY, d°
LAN, inspecteur général, directeur de l'École supérieure des mines.
LUUYT, inspecteur général.
LINDER, d°
CASTEL, d°
HATON DE LA GOUPILLIÈRE, inspecteur général.
MALLARD, ingénieur en chef, professeur à l'École supérieure des mines.

MM.
LORIEUX, ingénieur en chef, secrétaire du conseil général des mines.
RÉSAL, ingénieur en chef, professeur à l'École supérieure des mines.
KELLER, ingénieur en chef, chargé du service de la statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur.
FUCHS, ingénieur en chef, professeur à l'École supérieure des mines.
VICAIRE, d°
CARNOT, ingénieur en chef, inspecteur de l'École supérieure des mines.
AGUILLON, ingénieur en chef, professeur à l'École supérieure des mines.
DOUVILLÉ, d°
ZEILLER, ingénieur en chef, *secrétaire de la commission*.

L'Administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des travaux publics*, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des ANNALES DES MINES.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, aux prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par livraisons, qui paraissent tous les deux mois.

Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 90 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'étranger.

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

HUITIÈME SÉRIE

MÉMOIRES. — TOME VII.

PARIS

V^{VE} CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES,

Quai des Augustins, n° 49

1885

ANNALES
DES MINES

MISSION
RELATIVE
AUX CHEMINS DE FER BELGES

LETTRE ADRESSÉE
A MONSIEUR LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS

Par M. BRAME, inspecteur général des ponts et chaussées.

Paris, le 17 janvier 1884.

Monsieur le Ministre,

Par votre dépêche en date du 5 juin dernier, vous avez bien voulu m'informer que vous m'aviez chargé d'une mission spéciale ayant pour objet l'étude des divers appareils employés à l'étranger et notamment en Angleterre, en Allemagne, en Belgique et en Hollande, en vue de protéger la marche des trains et d'assurer la sécurité de la circulation sur les chemins de fer.

Pour remplir la mission que vous m'avez fait l'honneur de me confier, je me suis d'abord rendu en Belgique afin

d'étudier sur place les méthodes et les appareils adoptés sur les chemins de fer de ce pays et surtout sur les lignes de l'État.

M. Worms de Romilly, Ingénieur en chef des Mines, a bien voulu faire avec moi ce voyage d'étude, et sa présence m'a été d'autant plus utile que, lié depuis longtemps avec les Ingénieurs de l'État belge, il m'a procuré un accueil qui a singulièrement simplifié ma mission.

M. Belpaire, administrateur des chemins de fer de l'Etat, a mis à notre disposition tous les renseignements qui pouvaient nous être utiles, et a chargé M. l'Ingénieur Flamache, dont nous aurons occasion de citer le nom à propos d'un très intéressant appareil, de nous accompagner dans les tournées faites pour visiter les lignes de l'État.

Bien que M. Worms de Romilly ne soit pas officiellement attaché à ma mission, j'ai pensé, Monsieur le Ministre, que vous voudriez bien me permettre de l'associer à mon travail et de rappeler, dans le rapport que j'ai l'honneur de vous adresser, sa bonne et utile collaboration.

Profitant des facilités qui m'étaient données, j'ai cru utile d'étudier, outre les questions spécifiées dans votre dépêche comme devant constituer l'objet principal de ma mission, quelques innovations qui pourraient avec avantage être appliquées sur le réseau français.

Les points qui sont traités dans notre rapport sont les suivants :

1° Statistique législative et tarification des chemins de fer belges ;

2° Méthodes et appareils employés pour assurer la sécurité de la circulation.

A *sur la voie unique.*

Cloches Siemens et Halske. — Les appareils Siemens du chemin de fer du Nord sont beaucoup plus simples

que ceux qui sont usités en Belgique et en Allemagne, mais ils sont moins complets.

Block System; appareils Siemens et Halske. — Le système n'est pas appliqué en France.

B *sur la double voie.*

Block System; appareils Hodgson;

Block System; appareils Flamache.

Ces deux appareils, dont le premier est déjà installé et fonctionne depuis assez longtemps et dont le second va être prochainement mis en expérience, supposent l'adoption du Block System absolu, dans tout ce qu'il a de plus rigoureux.

3° Données statistiques sur le développement du Block System en Belgique;

4° Dromoscope et Dromopétard Le Boulengé.

Ces appareils, qui ne sont encore employés en France qu'à l'état d'essai, sont d'un usage général en Belgique où on les associe fréquemment l'un à l'autre.

5° Systèmes relatifs aux aiguilles.

L'un de ces systèmes a pour but de presser automatiquement les lames d'aiguilles contre le rail; l'autre est combiné de manière à conserver la continuité de la voie principale (système Williams) aux bifurcations et aux croisements. Ce dernier appareil peut surtout être appliqué lorsque l'une des voies de la bifurcation est peu utilisée.

6° Système de signaux.

Les signaux belges diffèrent peu des signaux adoptés en France; nous avons brièvement indiqué les différences les plus notables.

7° Disposition d'un poste important de leviers Saxby et Farmer.

8° Données statistiques sur les appareils d'enclenchement Saxby et Farmer.

9° Dispositions d'enclenchement des barrières, des butoirs et des ponts tournants.

Les ponts tournants sont nombreux en Belgique, même sur les chemins de fer à grand trafic; aussi, s'est-on beaucoup préoccupé de trouver de bons systèmes d'enclenchement de ces ponts avec les signaux qui les couvrent; nous décrivons les systèmes Brunnel, Tilly et Majolini qui ont donné de bons résultats.

10° Dispositions spéciales des tiges d'appareils Saxby et Farmer au passage des ponts tournants.

11° Moyens de rendre plus apparents les appareils faisant saillie sur les voies dans les gares.

12° Graphiques spéciaux.

Ces graphiques sont surtout très commodes pour l'étude des correspondances des trains aux stations de bifurcation dans un réseau très compliqué comme celui de l'État belge.

13° Conclusions.

Je ne veux pas terminer cette lettre, Monsieur le Ministre, sans mentionner M. Huberti, Ingénieur, Professeur du cours de chemins de fer à l'Université de Bruxelles, qui nous a témoigné la plus grande obligeance et qui nous a signalé toutes les parties du service qui devaient surtout attirer notre attention.

Veuillez agréer, etc.

Signé : Brame.

RAPPORT

RELATIF A LA MISSION EN BELGIQUE

DE

M. BRAME, Inspecteur général des Ponts et Chaussées,

et M. WORMS DE ROMILLY, Ingénieur en chef des Mines.

La Belgique est le pays de l'Europe où les chemins de fer ont pris le plus grand développement à cause de la densité de sa population, de l'importance des industries métallurgiques et minières et enfin du relief peu accidenté du sol. Il y a donc intérêt à rechercher les mesures que l'expérience a fait adopter dans ce pays pour assurer la sécurité des trains et à voir si elles ne pourraient pas être appliquées également en France.

Mais avant d'aborder l'examen de ces questions, il est utile de donner quelques détails statistiques sur les chemins de fer belges.

A l'origine, en 1830, le Gouvernement belge avait décrété l'exécution et l'exploitation des chemins de fer par l'État. On a ensuite admis que des compagnies pourraient construire et exploiter, moyennant péage, les embranchements des lignes construites et exploitées par l'État. Plus tard, enfin, l'État a été autorisé à louer ou à racheter une partie des lignes concédées.

Voici la situation des lignes belges de 1880 à 1883.

			Au 31 décembre 1880 exploité par		Au 31 décembre 1881 exploité par		Au 31 décembre 1882 exploité par	
			État.	Compagnies.	État.	Compagnies.	État.	Compagnies.
Longueur effective exploitée.		à 2 voies.	1 257	182	1 297	181	1 301	190
		à 1 voie..	1 554	1 138	1 590	1 113	1 757	1 066
Longueur effective exploitée.	à écartement de 1m,50. .	2 voies.	1 250	182	1 290	?	1 294	?
		1 voie..	1 520	1 261	1 577	?	1 723	?
	— 1m,20. .	2 voies.	7	»	7	»	7	»
		1 voie. .	14	50	14	?	14	?
	— 0,m75. .	2 voies.	»	»	»	»	»	»
		1 voie..	»	9	»	?	»	?
Rapport de la longueur des voies accessoires à celles des voies principales.			33,60	24,09	36,00	24,59	36,68	25,93

Au point de vue de la nature des rails, nous n'avons de renseignements précis que pour les lignes exploitées par l'État.

NATURE DES RAILS.		LONGUEUR DES FILES DE RAILS AU 31 DÉCEMBRE			
		1879.	1880.	1881.	1882.
Rails en fer.	Ondulé (17 à 22 kilogrammes)	3 099	2 661	2 196	2 118
	Parallèles (24 à 27 kilogrammes)	16 756	13 088	11 228	9 697
	A champignons inégaux (28,250 à 34 kilogrammes)	1 158 126	805 567	696 841	580 587
	A champignons symétriques (24 à 38 kilogrammes)	119 020	22 434	11 620	12 042
	Vignoles (31k,5 à 38 kilogrammes)	4 083 044	3 907 710	3 866 171	3 854 699
	Divers (9 à 28 kilogrammes)	12 142	386 006	379 652	372 903
Longrines en fer.	Vignoles (32 à 38 kilogrammes)	4 329 149	4 972 412	5 721 757	6 434 387
	Hilf (29 à 37 kilogrammes)	235 986	250 515	167 549	163 182
	De Serres et Battig (18, 44 kilogrammes)	1 971	296	282	282
	Vignoles (Est-français de 33 kilogrammes)		47 020	47 201	47 532
Rails en acier.	Hilf	254 948	229 107	153 487	?
	De Serres et Battig	3 917	603	574	?

Ces lignes étaient exploitées avec le matériel suivant :

	ÉTAT BELGE.			COMPAGNIES.		ÉTAT BELGE.			COMPAGNIES.	
	NOMBRE TOTAL au 31 décembre 1880.	NOMBRE par kilomètre au 31 décembre 1880.	PARCOURS de l'unité année 1880.	NOMBRE TOTAL au 31 décembre 1880.	NOMBRE par kilomètre au 31 décembre 1880.	NOMBRE TOTAL au 31 décembre 1882.	NOMBRE par kilomètre au 31 décembre 1882.	PARCOURS de l'unité année 1882.	NOMBRE TOTAL au 31 décembre 1882.	NOMBRE par kilomètre au 31 décembre 1882.
Compagnie exploitante.	État	État	État	Compag.	Compag.	État	État	État	Compag.	Compag.
Longueur exploitée.	2 791	1	»	1 535 [1]	1	2 975 [3]	1	»	1 471 [1]	1
Locomotives. Voyageurs. . . .	404	0,145	42 358			467	0,16	42 818 [2]		
Locomotives. Marchandises. .	546	0,195	30 903	500	0,325	798	0,27	30 277 [2]	533	0,36
Locomotives à fortes rampes. .	95	0,034	24 115							
— de gares.	222	0,080	1 027			248	0,09	24 613		
Tenders.	832	0,298	»	550	0,228	994	0,33	»	380	0,26
Voitures à vapeur.	14	0,005	2 017	?	?	14	0,004	12 466 [2]	5	0,003
Voitures et fourgons.	3 936	1,41	37 490	1 290	0,841	3 957	1,33	44 050 [2]	1 267	0,86
Wagons.	34 523	12,40	10 175	12 993	8,464	39 377	13,23	7 004 [2]	13 915	9,46

[1] Y compris 215 kilomètres sur territoire étranger.
[2] Non compris les parcours sur les lignes étrangères.
[3] Longueur moyenne exploitée pendant l'annee 1882.

Le parcours annuel des trains que nous donnons ci-dessous ne comprend que les chemins de fer exploités par l'État.

NATURE DES TRAINS.		Année 1880.		Année 1882.	
		Parcours total.	Répartition d'après la nature du train.	Parcours total.	Répartition d'après la nature du train.
		kilomètres.		kilomètres.	
Parcours des trains.	Voyageurs express..	14 965 466	8,28 o/o	2 824 176	8,08 o/o
	Voyageurs omnibus.		42,05 o/o	14 882 261	42,57 o/o
	Marchandises. . . .	14 768 675	49,67 o/o	17 248 936	49,35 o/o
Nombre moyen de kilomètres exploités dans l'année. . .		2 560 kilomètres.		2 975 kilomètres.	

La longueur exploitée était, au 31 décembre 1880, de 2 791 kilomètres, mais la longueur moyenne dans le cours de l'année n'était que de 2 560 pour les lignes ouvertes au service des voyageurs et à celui des marchandises et de 142 kilomètres pour les lignes ouvertes seulement au service des marchandises.

Le nombre des stations a été successivement de :

NATURE DES STATIONS.	État 31 déc. 1880.	Compagnie 31 déc. 1880.	État 31 déc. 1881.	Compagnie 31 déc. 1881.	État 31 déc. 1882.	Compagnie 31 déc. 1882.
Stations principales..	83	358	83	355	644	353
— intermédiaires.. . .	499		529			
Raccordements industriels. .	480	256	514	256	?	282
Gares privées..	42		45			

Il existe en Belgique 15 compagnies dont 4 seulement exploitent des lignes de plus de 70 kilomètres, ce sont les suivantes :

NOMS DES COMPAGNIES.	LONGUEUR TOTALE.	LONGUEUR	
		EN BELGIQUE.	A L'ÉTRANGER.
Flandre occidentale.	164	159	15
Grand central belge.	625	510	115
Liège limbourgeois.	137	119	18
Nord belge.	175	162	13

Pour compléter les données générales sur les chemins de fer belges, nous croyons intéressant de résumer la législation, qui ne repose pas comme en France sur deux actes organiques : *la loi du* 15 *juillet* 1845 et *l'ordonnance du* 15 *novembre* 1846, dont les dispositions si admirablement combinées ont pu se prêter, sans modifications, à l'immense développement de l'industrie des transports.

La loi fondamentale du 12 *avril* 1835 autorise le Gouvernement, par l'article 2, à établir des règlements pour l'exploitation et, par l'article 3, à déterminer, conformément à la loi du 6 mars 1818, les peines pour réprimer les infractions aux dispositions prises en vertu de l'article 2.

La loi du 6 mars 1818 définit les peines à appliquer par les tribunaux pour les infractions à l'égard desquelles les lois n'ont pas déterminé ou ne détermineront pas, par la suite, des peines particulières. Les condamnations peuvent varier de 10 à 100 florins d'amende (21f,16 à 211f,64) et de 1 à 14 jours d'emprisonnement.

L'*arrêté royal du* 5 *mai* 1835 a été rendu en vertu des pouvoirs conférés au Gouvernement par la loi du

12 avril 1835. Il concerne la police des chemins de fer et ne comprend que 4 articles que nous reproduisons :

« Art. 1er. — Toute circulation autre que celle des locomotives et voitures de service pour la route de fer est interdite sur cette route.

« Art. 2. — Cette défense sera annoncée par un poteau placé à chaque barrière.

« Art. 3. — Toute dégradation de la route, toute entrave apportée à la circulation, toute entreprise sur le corps de la route ou sur les terrains qui en dépendent sera réprimée à la diligence des garde-barrières, des Ingénieurs ou Conducteurs.

« Art. 4. — Les contraventions au présent règlement seront punies de peines comminées par la loi du 6 mars 1818. »

Nous devons faire deux observations sur les articles 2 et 4.

La jurisprudence a établi que la défense indiquée à l'article 2 s'appliquait à la circulation des personnes et des animaux.

Le nouveau Code pénal belge a édicté contre un certain nombre de contraventions dénommées concernant les chemins de fer et les télégraphes des peines beaucoup plus sévères que celles de la loi du 6 mars 1818, visées par l'article 4.

L'*arrêté royal du* 16 *janvier* 1830 se rapporte à la circulation sur les passages à niveau et les ponts tournants.

L'*arrêté royal du* 2 *novembre* 1836 établit les règles à suivre pour la police des voitures desservant les stations et stipule que ces voitures doivent se ranger aux abords des stations dans l'ordre qui leur sera assigné par les agents commis à cet effet ; les infractions sont réprimées en vertu de la loi du 6 mars 1818.

Cette question fait l'objet de l'article 1er de l'ordonnance du 15 novembre 1846.

L'*arrêté ministériel du* 1er *septembre* 1838 constitue

un règlement d'organisation et de police des chemins de fer exploités par l'État ; l'un des considérants est, en effet, formulé comme il suit :

« Le Ministre,

« Vu les arrêtés pris par le roi ...., en exécution de la loi du 12 avril 1835, laquelle charge le Gouvernement de l'exploitation des chemins de fer,

« Arrête : »

Ce document est très étendu et comprend 372 articles.

Il traite successivement du service de l'entretien et de la police de la route, du service des moyens d'exploitation, du service des convois et des recettes.

Il détermine, avec les plus grands détails, les attributions et les obligations des agents de *tout grade* de chaque service.

La *loi du* 15 *avril* 1843 se retrouve, sauf quelques modifications, dans la loi française beaucoup plus complète du 15 juillet 1845. Il n'y aurait pas d'utilité à la reproduire textuellement, nous nous contenterons d'indiquer l'objet de chaque article et de mentionner l'article analogue de la loi française.

LOI BELGE.	LOI FRANÇAISE.
TITRE Ier. — Mesures relatives à la conservation des chemins de fer et à la sûreté de leur exploitation.	
Art. 1er. — Plantations.	Art. 3, § 5 ; art. 8, § 1er ; art. 9.
Art. 2. — Sablières, carrières à ciel ouvert.	Art. 3, § 6 ; art. 6, § 1er.
Art. 3. — Toitures en chaume, etc.	Art. 7.
Art. 4. — Pénalités pour les contraventions aux articles 1, 2, 3.	Art. 11.
Art. 5. — Suppression des plantations existantes.	Art. 10.
Art. 6. — Pénalités contre les entraves à la circulation.	Art. 16.

Art. 7. — Pénalités pour les auteurs d'accidents.	Art. 9.
Titre II. — Des officiers et des agents de la police du chemin de fer de l'État.	
Art. 8. — Nominations des agents-voyers et inspecteurs de police.	Art. 23 et 24.
Art. 9 à 13. — Droits et devoirs des agents.	Art. 23 et 24.

L'*arrêté royal du* 19 *mai* 1843 traite des déclarations d'expéditions et des fraudes y afférentes.

Nous mentionnerons encore la loi du 26 février 1846 sur le transport du gibier, l'arrêté royal du 20 janvier 1847 sur l'expédition des marchandises, la loi du 28 décembre 1848 sur le timbre des lettres de voiture, la loi du 1er mars 1851 sur les télégraphes.

L'*arrêté royal du* 17 *janvier* 1857 impose certaines formalités pour l'exploitation des carrières à ciel ouvert exploitées dans le voisinage des voies de communication de toute nature. Il complète l'article 2 de la loi du 15 avril 1843 qui ne s'applique qu'aux carrières distantes de moins de 20 mètres du chemin de fer (article 3, § 6, de la loi du 15 juillet 1845).

L'*arrêté royal du* 10 *février* 1857 règle la police des voyageurs; nous le reproduisons en indiquant, en regard de chaque article, les numéros des articles analogues de l'ordonnance du 15 novembre 1846.

ARRÊTÉ.	ORDONNANCE.
Article Ier. — Il est défendu :	
§ 1er. — De prendre place d sles voitures des chemins de fer de l'État sans un billet régulier.	Art. 63, 1°.
§ 2. — De se placer dans une voiture d'une autre classe que celle indiquée par le billet.	Art. 63, 1°.
§ 3. — De monter dans une voiture ou d'en sortir autrement que par la por-	

tière qui est placée du même côté que le bureau de la station d'arrivée.	Art. 63, 2°.
§ 4. — De se pencher hors des voitures ou d'en sortir avant que le train ne soit complétement arrêté.	Art. 63, 3°. Art. 63, § 5.
§ 5. — De fumer dans les salles d'attente et dans les voitures des deux premières classes, sauf dans les compartiments qui sont spécialement destinés à cet usage.	Art. 63, § 6.
§ 6. — De prendre place dans une voiture avec une arme chargée ou avec des objets qui sont de nature à incommoder les voyageurs.	Art. 65, 2°.
§ 7. — D'ouvrir les glaces des voitures du côté d'où vient le vent à moins que ce ne soit avec l'assentiment unanime de tous les voyageurs placés dans le compartiment.	
§ 8. — D'entrer dans les wagons à bagages ou à marchandises ou dans des voitures quelconques dont l'accès est interdit.	
Art. 2. — Les voyageurs sont tenus d'obtempérer aux injonctions des agents des chemins de fer pour l'observation des dispositions ci-dessus.	Art. 63, § 7.
Art. 3. — Les contrevenants sont passibles des peines énumérées par l'article 1er de la loi du 6 mars 1818.	Art. 79.

Cet arrêté ne vise évidemment que les chemins de fer de l'État qui y sont formellement désignés dans le paragraphe 1er de l'article 1er.

L'*arrêté royal du* 16 *mai* 1862 a étendu aux railways concédés soit par le Gouvernement soit par les pouvoirs législatifs l'application des prescriptions précédentes.

Du reste, comme l'exploitation par l'État avait seule été admise pendant longtemps, les arrêtés, les règlements

avaient toujours été rédigés à ce point de vue, ce qui pouvait donner lieu à des difficultés.

La *loi du* 11 *mars* 1866 a été rendue en vue de faire disparaître ces inconvénients. Elle est ainsi conçue :

« Art. 1er. — Les dispositions des articles 2 et 3 de la loi du 12 avril 1835 en vertu desquelles le Gouvernement peut établir des règles pour l'exploitation et la police des chemins de fer et déterminer les peines conformément à la loi du 6 mars 1818 pour réprimer les infractions à ces règlements sont applicables tant aux chemins de fer de l'État qu'aux chemins de fer concédés. »

Les tribunaux n'ont pas admis que cette loi rendît applicable de plein droit aux lignes concédées les règlements établis nominativement pour le chemin de fer de l'État.

Il y a d'ailleurs nombre de questions qui ne peuvent se présenter que pour les lignes concédées. Les obligations des compagnies vis-à-vis de l'État résultent par conséquent moins des lois que des conventions intervenues lors de la concession entre le Ministre des Travaux Publics et les compagnies.

Par arrêté en date du 20 février 1866, le Ministre des Travaux Publics a approuvé un cahier des charges type qui a servi de base à toutes les concessions accordées depuis cette époque.

Nous ne pouvons mieux faire pour bien établir les situations respectives au point de vue légal de l'État et des compagnies que de résumer les principales dispositions de ce cahier des charges.

« Art. 6. — Obligation d'établir la deuxième voie lorsque l'insuffisance d'une seule voie sera reconnue par le Département des Travaux Publics. »

« Art. 7. — Les ouvrages d'art avant d'être livrés à l'exploitation devront subir à la satisfaction du Département des Travaux Publics telles épreuves qu'il jugera nécessaires. Pour les ouvrages d'art avec tabliers construits

sous le chemin de fer, ces épreuves pourront consister à faire passer et repasser plusieurs fois à différentes vitesses, puis séjourner pendant quelques heures sur les voies simultanément et successivement un train de locomotives des plus pesantes. Pour les ouvrages avec tabliers construits au-dessus des chemins de fer, les épreuves consisteront notamment à les charger pendant vingt-quatre heures d'un poids uniformément réparti de 400 kilogrammes par mètre carré de superficie et à y faire passer et repasser une voiture pesant avec son chargement 18 000 kilogrammes. »

« Art. 9. — Dans les bâtiments aux recettes, il doit y avoir généralement deux salles d'attente d'au moins 30 mètres carrés chacune de superficie. Les bâtiments seront pourvus d'un auvent du côté du chemin de fer et, s'il y a lieu, du côté opposé. Vis-à-vis du bâtiment et de l'autre côté des voies, on pourra exiger la construction d'un abri avec trottoirs.

« Il devra exister au moins une maisonnette de garde avec loge pour chaque étendue de 2 000 à 3 000 mètres surveillée par une même brigade d'ouvriers. »

« Art. 10. — Le Département des Travaux Publics se réserve le droit de faire exécuter par les concessionnaires les modifications aux ouvrages existants ou les nouveaux ouvrages, dont l'expérience aura fait connaître la nécessité au point de vue de la sécurité publique, de la police des chemins de fer ou de la bonne exploitation. »

« Art. 11. — Les minima de poids des rails et d'espacement des traverses sont fixés à 34 kilogrammes par mètre pour les rails en fer laminé et à 1 mètre pour l'écartement des traverses, qui, sauf autorisation spéciale, doivent être en chêne. »

« La fatigue des tabliers métalliques ne dépassera pas pour les plus fortes charges 6 kilogrammes par millimètre carré. »

« Art. 12. — Le matériel devra satisfaire à certaines conditions concernant le gabarit et le raccordement des sections entre elles. La circulation des voitures qui ne satisferaient pas à ces conditions pourra être interdite même sur les lignes concédées. »

« Art. 22. — Les règlements prescrivant les mesures d'ordre intérieur et les mesures propres à assurer la sécurité et la régularité de l'exploitation, les tarifs déterminant les prix de transport de toutes espèces, le livret des conditions réglementaires de ces transports seront soumis avant la mise en exploitation au département des Travaux Publics, qui pourra y faire les changements et additions qu'il jugera nécessaire au point de vue de la sécurité et de la régularité de l'exploitation. »

« Art. 23. — Trois convois de chaque sens sont obligatoires et le Département des Travaux Publics se réserve le droit de fixer les heures de départ et d'arrivée de manière à les faire coïncider avec celles des trains des autres lignes. »

« Art. 24. — Les lois et règlements de police en vigueur au chemin de fer de l'État et à intervenir le cas échéant sont applicables aux chemins de fer concédés. »

« Art. 28. — Le Département des Travaux Publics fera surveiller par ses agents tant l'exécution de tous les travaux soit de premier établissement soit d'entretien que l'exploitation. Cette surveillance sera exercée aux frais des concessionnaires.

« A cette fin, ceux-ci doivent verser annuellement par kilomètre de voie les sommes déterminées par la convention spéciale de concession. »

« Art. 30. — Les fonctionnaires du Département des Travaux Publics, désignés pour reconnaître l'état de la route, de ses dépendances et de l'exploitation doivent avoir accès en tout temps dans les stations et haltes et sur la ligne et sont admis dans les convois gratuitement. »

« Art. 36. — Le tarif des péages sera établi d'après les mêmes bases que les tarifs des chemins de fer de l'État en vigueur au moment où interviendra la convention spéciale de concession. »

« Art. 37. — Les tarifs mixtes que les concessionnaires établiront avec le chemin de fer de l'État ou avec d'autres lignes concédées seront fixés pour tous les tarifs et classes de tarifs d'après les bases des tarifs de l'État en vigueur à l'époque où interviendra la convention spéciale de concession, sans augmentation de frais fixes ou accessoires et en raison des distances à admettre du point de départ au point de destination. »

« Art. 39. — Les concessionnaires pourront effectuer tous les genres de transport sans exception à des prix inférieurs à ceux arrêtés de commun accord avec le Département des Travaux Publics pourvu que ce soit d'une manière générale et sans exception, soit au préjudice, soit en faveur de qui que ce soit.

« Ces abaissements de prix ne pourront avoir lieu toutefois qu'en vertu d'une décision du Ministre des Travaux Publics et à la condition que le public en soit informé quinze jours à l'avance par les affiches et par des avis insérés dans les journaux.

« Si les concessionnaires effectuaient certains transports à des prix inférieurs à ceux des tarifs arrêtés de commun accord avec le Département des Travaux Publics sans qu'il eût été satisfait au préalable à l'une ou à l'autre des conditions énoncées ci-dessus, le Ministre pourra notamment rendre d'office ces réductions de prix applicables à tous les transports de la même catégorie, c'est-à-dire appartenant à la même classe de tarifs, et les prix ainsi abaissés ne pourront comme dans le cas de réductions opérées à l'intervention du Département des Travaux Publics être relevés qu'en suite d'une autorisation expresse du Département et à la condition que le public en sera prévenu au

moins un mois d'avance par des affiches et des avis. »

« Art. 45. — Gratuité du transport des bureaux ambulants de la poste et des agents du service des Postes dans un compartiment de 2e classe mis à leur disposition dans les trains où il n'y a pas de bureau ambulant. »

« Art. 49. — Le Département des Travaux Publics peut imposer aux concessionnaires l'obligation de laisser circuler le matériel d'autres lignes moyennant indemnité fixée d'après les bases admises pour les relations mixtes des lignes de l'État. »

« Art. 64. —Les objets d'art, d'histoire naturelle, etc., trouvés dans les fouilles exécutées pour l'établissement du chemin de fer deviendront la propriété de l'État. »

Les extraits du cahier des charges que nous venons de donner semblent attribuer à l'État une très grande autorité sur les chemins de fer concédés. En fait, il paraît que son action est beaucoup moins grande que l'on ne serait en droit de le supposer d'après les citations que nous venons de faire. Pour les lignes exploitées par l'État, le contrôle n'existe qu'au point de vue de la comptabilité. Il y a bien dans chaque gare un registre ouvert aux réclamations du public, mais l'examen des plaintes déposées est fait par l'exploitation.

Pour les lignes concédées, il y a deux services de contrôle ; celui de la voie est fait par des Ingénieurs des Ponts et Chaussées chargés accessoirement de cette surveillance, chacun dans leur circonscription.

Il résulte des renseignements qui nous ont été donnés, que ces Ingénieurs n'ont à s'occuper que de l'état de la voie et ne peuvent intervenir que dans le cas où la sécurité serait sérieusement compromise.

Le contrôle de l'exploitation est exercé par un service central établi à Bruxelles, qui comprend un Directeur, deux Ingénieurs et un très petit nombre d'employés pour les 1 500 kilomètres de chemins de fer concédés.

Ce service a à s'occuper :

1° De la nomination des agents assermentés des compagnies ;

2° Des tarifs intérieurs des compagnies ;

3° De l'instruction des plaintes qui touchent aux questions de sécurité ;

4° Des prescriptions à imposer aux compagnies pour assurer la sécurité ;

5° Des enquêtes sur les accidents graves d'exploitation.

Les réclamations ne peuvent parvenir à l'Administration que d'une manière directe, toutes les plaintes déposées dans les gares restent entre les mains des compagnies.

Pour les prescriptions relatives à la sécurité, l'État est lié par l'acte de concession qui forme la loi des parties. Ainsi une compagnie a pu refuser de mettre des freins sur ses voitures en prétendant que leur mode de construction (ligne à voie étroite) ne permettait pas l'adjonction de ces appareils. Du reste, d'une manière générale le matériel roulant est à peine surveillé ; les compagnies sont à peu près libres de le faire construire et de l'employer, comme elles le jugent convenable, sous leur responsabilité. On se contente de vérifier de temps en temps s'il n'est pas dans un état de nature à compromettre la sécurité des voyageurs.

Les enquêtes faites par le contrôle en cas d'accidents n'ont qu'un caractère administratif et font l'objet d'un rapport transmis au Ministre des Travaux Publics qui, s'il le juge convenable, le communique au parquet à titre de renseignement.

Les tarifs de chaque compagnie doivent, comme on vient de le voir (art. 36) avoir pour base ceux du chemin de fer de l'État à l'époque où la convention de concession est signée. Ces tarifs ont changé à diverses reprises en 1851, 1854, 1866, 1871 et 1879.

Les premiers tarifs (1852 et 1854) étaient proportionnels à la distance; les bases kilométriques pour les voyageurs avaient été établies comme il suit :

	1re classe.	2e classe.	3e classe.
Trains omnibus.	0f,08	0f,06	0f,04
Trains express, majoration de 25 p. 100.	0,10	0,075	0,05

Lors de la réforme de 1866, on a admis le principe des zones de parcours et des bases décroissantes par unité de parcours total compris dans chacune des zones successives.

On avait pris pour unité la lieue de 5 kilomètres.

Le tarif des trains express se déduisait de celui des trains omnibus en majorant ce dernier de 20 p. 100.

Les prix, d'après l'arrêté du 20 mars 1866, auraient été pour les trains omnibus en les rapportant au kilomètre :

	1re classe.	2e classe.	3e classe.
Par kilomètre, de 0 à 50 kilomètres. .	0f,06	0f,04	0f,03
A ajouter par kilomètre du 55e au 100e kilomètre.	0,03	0,02	0,015
A ajouter par kilomètre du 105e au. . .	0,02	0,015	0,01

En réalité ces prix n'ont pas été appliqués. Pour les parcours inférieurs à 7 lieues (35 kilomètres), les tarifs sont restés ceux de 1854 et on a perçu les prix suivants :

	1re CLASSE.	2e CLASSE.	3e CLASSE.
Par kilomètre de 0 à 35 kilomètres. .	0f,08	0,f06	0f,04
A ajouter par kilomètre du 36e au 75e kilomètre.	0,04	0,015	0,01
A ajouter par kilomètre du 76e au.... .	0,02	0,015	0,01

On a bientôt constaté que ces tarifs sensiblement inférieurs à ceux qui existaient antérieurement développaient notablement le trafic, mais produisaient néanmoins une perte de recettes considérable.

On est alors revenu en 1871, pour les voyageurs, au tarif uniforme sur les bases indiquées dans le tableau suivant où nous remplaçons la lieue de 5 kilomètres, qui était l'unité, par le kilomètre.

	1re CLASSE.	2e CLASSE.	3e CLASSE.
Trains omnibus.	0f,072	0f,054	0f,036
Trains express, majoration de 25 p. 100.	0,090	0,0675	0,045
Billets d'aller et retour.	Réduction de 20 p. 100.		

On a en outre créé des abonnements à prix réduits.

Enfin par arrêté du 15 octobre 1879, les tarifs ont encore été modifiés.

	1re CLASSE.	2e CLASSE.	3e CLASSE.
Trains ordinaires.	0,f0756	0f,0567	0f,0378

Le tarif des trains express se déduit du précédent en le

majorant de 25 p. 100. Les billets d'aller et retour donnent droit à une réduction de 20 p. 100. Le principe des abonnements a été conservé, mais les prix de ces abonnements ont encore subi des réductions importantes depuis 1879.

Si nous comparons les tarifs pour un parcours de 112 kilomètres en 1re classe, nous trouvons :

Tarif de 1851, $112^k \times 0^f,08$.		$8^f,96$
Tarif de 1866, 22 lieues $\frac{2}{5}$ ou 23 lieues, les 10 premières	$3^f,00$	$4^f,80$
les 10 suivantes	$1^f,50$	
les 3 dernières	$0^f,30$	
Tarif de 1871, 23 lieues $\times 0^f,36$.		$8^f,22$
Tarif de 1874, $112^k \times 0^f,0756$.		$8^f,46$

Nous devons ajouter que sur les chemins de fer belges les voyageurs n'ont pas droit au transport gratuit des bagages enregistrés, quelque minime qu'en soit le poids.

Pour le transport des marchandises à grande vitesse, on distingue suivant que le port est payé d'avance ou non, suivant que le colis est remis au destinataire par exprès ou par le service du factage : un tarif spécial à peu près indépendant de la distance est établi pour les petits colis et un tarif différentiel à base décroissante avec la distance pour les colis de plus de 10 kilogrammes.

Les marchandises petite vitesse sont divisées en quatre classes et la base de chaque tarif décroît avec la distance.

Nous donnerons seulement les prix de la 1re classe, par wagon de 5 000 kilogrammes :

Par tonne et par kilom.	de 1 à 75 kilom. . .	$0^f,10$
A ajouter par kilomètre	du 76e au 150e. . .	$0^f,08$
—	du 151e au 200e. . .	$0^f,06$
—	du 201e au . . .	$0^f,04$

Enfin des tarifs spéciaux règlent les prix de transport des matières premières les plus nécessaires à l'industrie et

ont pour but de favoriser l'exportation et l'importation de ces matières ou l'approvisionnement des grandes usines. Ils ne sont souvent applicables qu'entre certaines stations dénommées. Nous devons signaler le tarif du pétrole qui ne comporte qu'un seul prix de 8 francs au départ d'Anvers, quelle que soit la distance à parcourir. Toutes les usines qui emploient ce produit se trouvent donc dans les mêmes conditions, mais on exige d'elles l'engagement de ne pas se servir pendant toute l'année d'autre voie de transport que le chemin de fer.

Nous venons de résumer les données principales relatives à la statistique et à l'exploitation des chemins de fer belges.

Il nous reste à indiquer par quelques chiffres le dégré d'activité du trafic et la fréquence des trains.

Nous avons dit que la longueur moyenne exploitée en 1880 a été de 2 560 kilomètres pour les lignes ouvertes au service des voyageurs et de 142 kilomètres pour les lignes ouvertes au service des marchandises seulement.

Le parcours des trains de voyageurs a été de	14 965 466k
dont il faut déduire le parcours sur les lignes étrangères.	127 541
Reste.. . .	14 837 925
Le parcours des trains de marchandises a été de..	14 768 673
dont il faut déduire le parcours sur les lignes étrangères.	175 659
Reste.. . .	14 593 014

Chaque kilomètre exploité a donc été parcouru dans l'année par :

$$\frac{14\,837\,925}{2560} = 5\,796{,}06 \text{ trains de voyageurs ou}$$

$$\frac{5\,796{,}06}{366} = 15{,}83 \text{ trains par jour.}$$

$$\frac{14\,593\,014}{2702} = 5\,770{,}91 \text{ trains de marchandises ou}$$

$$\frac{5\,770{,}91}{366} = 15{,}76 \text{ trains par jour.}$$

On arrive donc à une moyenne de 16 trains de chaque sens par jour. Ce chiffre ne correspond, il est vrai, à rien de précis et ne donne pas un renseignement exact sur le développement de la circulation des lignes importantes, mais il suffit pour montrer que le trafic doit être intense sur certaines sections.

La ligne de Bruxelles (Nord) à Anvers compte environ 120 trains par vingt-quatre heures. Pour la ligne si accidentée de Namur à Arlon, le nombre des trains s'élève à 70 environ et sur certains points de cette ligne tous les trains de marchandises doivent être remorqués en double traction.

Il est tout naturel que dans ces conditions l'Administration de l'État belge se soit très activement préoccupée d'une organisation de signaux de nature à assurer la sécurité de la circulation.

De nombreux systèmes ont été imaginés et, pour faire un choix parmi les appareils que l'on veut dans chaque pays soumettre au contrôle de l'expérience, il faut d'abord déterminer avec précision les conditions auxquelles on désire satisfaire. Des Ingénieurs se préoccupent beaucoup de ne pas compliquer autre mesure l'exploitation, d'autres veulent avant tout rendre les collisions impossibles. Dans ce dernier cas, on peut encore, soit s'en rapporter à l'intelligence ou plutôt à l'exactitude des agents, soit chercher à mettre les agents dans l'impossibilité théorique de permettre à deux trains de se rejoindre.

En Belgique on se propose de réaliser ces dernières conditions. On a donc pris pour type le block system absolu sans admettre les atténuations qui sont acceptées par beaucoup de compagnies de chemins de fer.

Les appareils adoptés par l'État belge sont les cloches Siemens, le block Siemens et Halske, le block Hodgson et le block Flamache. Nous allons successivement examiner ces différents systèmes.

Dans tout ce qui suit nous ferons de fréquents emprunts aux ordres de service des chemins de fer de l'État belge, où sont souvent exposés d'une manière très complète non seulement la manœuvre des appareils mais encore les principes de leur construction.

CLOCHES SIEMENS ET HALSKE.

Sur les lignes à simple voie on se sert des cloches Siemens et Halske.

Les sonneries sont disposées sur la ligne à des distances qui varient de 500 à 1 500 mètres; un fil unique les relie entre elles et aux postes extrêmes placés dans chaque station.

L'intervalle de deux stations forme une section.

Les sonneries servent à deux usages distincts : d'une part à signaler aux agents et au public qui circule sur les passages à niveau l'arrivée d'un train et le sens de sa marche; d'autre part à permettre l'échange de dépêches télégraphiques entre un point quelconque de la voie et les stations voisines.

Ce dernier résultat peut s'obtenir de quatre manières différentes au moyen du seul fil des sonneries.

1° Par l'échange de dépêches (système Morse) entre les stations;

2° Par la transmission obtenue mécaniquement, de l'un quelconque des postes de sonnerie aux stations voisines, de huit formules télégraphiques différentes servant à annoncer certains accidents et à demander des secours;

3° Par la transmission d'une dépêche quelconque (sys-

tème Morse) entre un poste de sonnerie et les stations voisines;

4° Par l'intercalation dans un poste de sonnerie d'un appareil portatif qui permet de recevoir au poste une dépêche quelconque (système Morse).

Les sonneries en pleine voie se composent essentiellement d'un arbre O (*fig.* 1, Pl. I) qu'un contrepoids R tend à mettre en mouvement et qui porte un disque DD muni de dix saillies — G_1-G_2-G_3-G'''-G_4-G'-G_5-G_6-G''-G_7. — Quand le disque tourne, les saillies viennent abaisser les bras MQ, M'Q' qui actionnent les marteaux des deux timbres.

Pour que le mouvement se produise, il faut que le cliquet BO″ solidaire de la roue dentée R′, qui engrène avec celle du disque DD, puisse échapper à l'arrêt de l'axe O′ qui est évidé dans la partie non couverte de hachures.

Cela a lieu quand le levier AC tourne de gauche à droite autour de son axe O′ auquel il est invariablement fixé. Le poids C tend à produire ce mouvement empêché par le crochet N qui saisit l'extrémité A du levier AC. La pièce NXY est mobile autour de O‴ et se déplace dans le sens des flèches quand un courant suffisamment énergique traverse l'électro-aimant E ou quand on appuie dans le sens convenable sur le bouton S.

Une fois l'appareil mis en marche, 5 goupilles G_1 G_2 G_3 G''' G_4 agissent successivement sur les bras MQ, M′Q′ et produisent autant de doubles coups de timbre.

Quand la goupille G″ qui, de même que G‴, est plus longue que les autres, arrive à la position G_4 de la figure elle rencontre le plan incliné *ab* et relève le levier O′C. Elle l'abandonne en arrivant à la position G‴, mais à ce moment l'extrémité A a déjà été ressaisie par le crochet N et aussitôt après le cliquet BO″, qui a accompli une rotation complète, rencontre la partie non évidée de l'axe O′ qui l'arrête. Aucun mouvement ne peut plus se produire tant que l'on n'agit pas de nouveau de manière à faire basculer le

levier NXY. A chaque émission d'un fort courant, on aura donc une série de 5 coups de cloche, répétés simultanément par toutes les sonneries de la section.

Le courant est produit au moyen d'un inducteur à courants redressés formé d'une bobine allongée Siemens tournant entre les pôles d'un fort aimant permanent en forme de fer à cheval. A chaque gare existe une petite sonnerie qui tinte en même temps que les autres afin que l'agent qui fait le signal n'envoie pas un second courant avant que la salve de 5 coups commencée n'ait pris fin.

Les signaux de secours sont donnés par l'interruption d'un courant continu qui parcourt constamment le fil de sonneries, mais qui est assez faible pour n'exercer aucune action sur le pièces enclenchantes E et XY (*fig.* 1, Pl. I) du mécanisme des sonneries. Ce courant est obtenu au moyen de piles Meidinger à deux liquides.

Le nombre des éléments à employer sur chaque section est donné par la formule

$$\pi = \frac{10,66\,L + 10\,S + 45\,R}{30}$$

où L est la longueur de la ligne en kilomètres,

S le nombre des sonneries,

R le nombre des relais.

L'élément de pile se compose (*fig.* 5, Pl. I) de trois vases en verres A,B,C, d'un cylindre en cuivre F, d'un cylindre de zinc H, réunis, le cylindre F à un fil de cuivre G recouvert de gutta-percha, le cylindre H à un fil de cuivre I non recouvert.

Le vase C ne porte d'ouverture qu'en *cd*, et il est fermé par un bouchon D que traverse un tube E.

Cette bouteille est remplie d'une dissolution de sulfate de cuivre et le vase A est rempli d'une dissolution de sulfate de magnésie.

Cette pile conserve la même intensité pendant très longtemps : il faut de loin en loin enlever au moyen d'un siphon un peu de liquide du vase A et le remplacer par de l'eau en ayant soin de ne pas déplacer l'appareil et de ne pas remuer le liquide.

La figure 6 représente la boîte d'une sonnerie de route.

On aperçoit sur la gauche le bouton S de la figure 1 ; les deux bornes KL représentées à une plus grande échelle (*fig.* 3) sont placées dans le circuit et sont reliées par la pièce mobile K'L (*fig.* 3 et 4).

L'axe O_1 (*fig.* 6), solidaire d'une goupille *g* et destiné à recevoir l'un quelconque des disques 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 suspendus à la base de la boîte. Ces disques, dont l'un est représenté à plus grande échelle dans la figure 2, sont percés de deux trous O'_1 g' qui correspondent à l'axe O_1 et à la goupille *g* de sorte que l'axe en tournant entraîne le disque par l'effet de la goupille.

L'axe O_1 (*fig.* 6) porte une roue dentée non figurée dans le dessin, qui engrène avec un pignon, engrenant lui-même avec la roue dentée du disque DD de la figure 1. Si donc en appuyant sur le bouton S on met le disque DD en mouvement, l'axe O_1 se met aussi à tourner et les dents du disque que l'on a enfilé sur cet axe agissent (*fig.* 2) sur le levier coudé I. Pendant le passage de chaque dent, le contact *h* est supprimé et le courant continu de la ligne est interrompu.

Le bouton A (*fig.* 6) est disposé de manière à écarter, quand on appuie sur lui, deux pièces de contact qui sont aussi placées sur le fil de ligne; on peut donc, en manœuvrant le bouton A, interrompre le courant, comme on le ferait avec un manipulateur du système Morse. Il faut seulement remarquer que tant que l'on appuie sur le bouton, le courant est interrompu; c'est le contraire de ce qui a lieu avec l'appareil Morse.

On dispose ainsi de deux moyens de correspondance : l'un

pour envoyer à la main une série quelconque d'interruptions de courant, l'autre pour transmettre mécaniquement huit formules télégraphiques différentes. Chacun des disques 1 à 8 porte à cet effet, sur son pourtour, une série de dents dont une partie désigne la sonnerie qui fait le signal et l'autre partie désigne la nature du signal.

Les huit signaux adoptés sont les suivants :

1° Voie obstruée,
2° Train déraillé,
3° Envoyez machine,
4° Envoyez ouvriers et outils,
5° Envoyez secours médicaux,
6° Envoyez civières et porteurs,
7° Envoyez train pour reprendre,
8° . . . .

Il nous reste à indiquer comment ces signaux sont reçus par les stations extrêmes.

La figure 9, Pl. I donne le dessin schématique des appareils d'une station avec les deux fils de ligne des sonneries L et L', l'un allant à la station d'amont, l'autre à la station d'aval.

Un seul inducteur Siemens suffit ; les boutons BB' servent à faire passer le courant vers L ou vers L', il suffit d'appuyer sur le bouton du côté où l'on veut faire passer le courant.

Le trait fort montre le chemin suivi par le courant de l'inducteur depuis la terre jusqu'à la ligne L qui le transmet au poste suivant.

La manœuvre consiste à appuyer sur le bouton B, par exemple, en tournant la manivelle de l'inducteur ; toutes les sonneries se mettent en marche et une petite sonnerie de la station, qui est activée en même temps, fait connaître l'instant où la salve de 5 coups est terminée ; on peut recommencer alors la manœuvre et transmettre le nombre de salves voulues.

On voit, au bas de la figure, une pédale *vmi* dont l'effet est multiple.

Supposons d'abord que d'un poste quelconque on fasse un signal de secours, soit à la main, soit automatiquement avec les disques.

L'interruption du courant détruit l'aimantation de l'électro-aimant E; le levier *ad* s'écarte et vient établir le contact entre les deux pièces *bb;* une dérivation du courant s'établit suivant le trait ponctué ....; à chaque interruption du courant, le levier *ad*, sollicité tantôt par l'électro-aimant E, tantôt par le ressort *s*, vient frapper le timbre *f* et attire l'attention de l'agent du poste. Celui-ci doit aussitôt mettre le pied sur la pédale *i*. Le courant dérivé ne peut plus alors passer par *n* qui se trouve isolé de *vmi*, et le courant continu suit le chemin LBEP*mp*, puis le trait discontinu — - — - —, passe en U, dans le relais R, le manipulateur N, le galvanoscope Z, et de U′ se rend à la terre.

Les interruptions de courant agissent sur l'aimant R et le levier HH′ est tour à tour attiré par l'électro-aimant et par le ressort V. Ce levier HH′, dans sa position la plus élevée, établit un contact entre les bornes *kk′*, ce qui ferme le circuit tracé en trait fin, attendu que la pédale étant abaissée, la pièce *tt′* est alors en contact avec les bornes *q* et *r*.

Ce circuit, dans lequel se trouve une pile, suit donc le chemin *k′* X Q *q r* MM′ *kk′*.

Or, en X se trouve un récepteur Morse sur lequel vient s'inscrire la dépêche.

Le fil de ligne peut servir à échanger des dépêches quelconques entre deux stations au moyen du manipulateur N et du récepteur X, quand la pédale est abaissée.

Il peut arriver qu'un signal de secours soit envoyé pendant que cet échange de dépêches a lieu, et la sonnerie *f* ne peut fonctionner alors pour prévenir l'agent, puisque la position de la pédale intercepte en *n* le courant dérivé qui

fait agir la sonnerie. Mais, dans ce cas, les interruptions données par le signal de secours se superposent à celles dues à l'échange des dépêches et comme les roues dentées des disques (*fig.* 2) donnent des interruptions de courant plus longues que celles adoptées dans l'échange des dépêches ordinaires, l'agent s'aperçoit à l'aspect des traits imprimés sur le récepteur qu'un signal de secours lui est envoyé. Il doit cesser aussitôt toute manipulation pour laisser le signal de secours s'inscrire seul sur la bande du récepteur.

Dès que l'agent a pu se rendre compte de la nature du signal, il envoie sur la ligne le signal compris, consistant en 5 salves de 5 coups.

Pour éviter les erreurs, on affiche dans chaque station un tableau qui donne la reproduction de la partie de chaque sonnerie appelée l'indicatif. C'est celle qui désigne le poste d'où est parti l'appel. L'autre partie de la sonnerie fixe la nature du signal ; elle figure sur les blocs-notes dont il sera question plus bas et elle est d'ailleurs la même pour chaque signal sur toutes les lignes.

TABLEAUX DES INDICATIFS DES SONNERIES DE ROUTE

ENTRE ET

Station de

DIRECTION ☞		DIRECTION ☞	
NUMÉRO ET SITUATION des sonneries.	INDICATIFS.	NUMÉRO ET SITUATION des sonneries.	INDICATIFS.
N°		N°	
N°		N°	
N°		N°	
N°		N°	
N°		N°	
N°		N°	
Station de		Station de	

D'un autre côté, des blocs-notes du modèle ci-après servent à recevoir l'inscription de la dépêche; il y a autant de blocs-notes différents qu'il y a de signaux. On n'a à remplir que les indications laissées en blanc.

ADMINISTRATION DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT

STATION D

Signal de secours.

Voie obstruée.

Sonnerie de route n°... Reçu le 188
h. m.
Le télégraphiste,

L'agent remplit la feuille et la fait parvenir immédiatement au chef de gare.

Lorsque d'un poste de sonnerie on veut faire un échange de dépêches, il faut mettre dans le circuit un appareil Morse. Les agents sont munis, à cet effet, de récepteurs portatifs que l'on intercale entre les bornes K, L (*fig.*6) en déplaçant la pièce qui les réunit comme l'indique la figure 4.

On admet, en Belgique, six sonneries différentes composées chacune d'un certain nombre de salves de 5 coups.

En voici le tableau :

Une salve } annonce des trains { descendants.
Deux salves } annonce des trains { montants.

Trois salves annulent le dernier signal transmis.

Quatre salves. — Signal de congé.

Cinq salves. — Signal compris.

Six salves. — Alarme.

Les sonneries de route sont employées sur toutes les

lignes à voie unique dont l'exploitation est un peu active. Les autres appareils que nous avons cités ne sont installés que sur les lignes à double voie.

APPAREILS SIEMENS ET HALSKE.

Nous examinerons d'abord le mode d'emploi des appareils Siemens et Halske.

La ligne est divisée en sections sur chacune desquelles deux trains ne doivent pas s'engager en même temps sur une même voie. A l'origine de chaque section est un poste de block couvert par des signaux. Les signaux sont manœuvrés de telle sorte que chaque train soit toujours couvert au moins par un signal à l'arrêt. Chaque signal n'est mis au passage libre qu'après que le train a franchi la section protégée par ce signal et est couvert par le signal du poste suivant.

A cet effet, les postes de block sont reliés par des communications électriques.

Les signaux du système Siemens sont des sémaphores dont les ailes ou palettes à jour occupent la position horizontale pour indiquer l'arrêt et la position inclinée à 45°, l'extrémité libre dirigée vers le haut, pour indiquer la voie libre. Chaque sémaphore porte deux palettes; le mécanicien n'a jamais à s'occuper que de celle qui est placée par rapport à lui à la gauche du mât. La nuit, les indications résultant de la position des palettes sont remplacées par des feux blancs ou rouges.

La position normale des signaux est à la voie libre.

Dans les gares intermédiaires, le sémaphore à deux bras se trouve à l'intérieur de la gare. *Il ne constitue, pour les trains qui doivent s'arrêter à la station, qu'un signal de départ*, de sorte que ces trains peuvent entrer dans la gare et y manœuvrer en dépassant, si cela est nécessaire, le signal à l'arrêt.

Chaque poste possède un appareil double et un mât sémaphorique. Chaque moitié de l'appareil droite ou gauche se compose (*fig.* 8, Pl. I) de deux parties distinctes : l'une indiquant l'état de la voie, l'autre servant à la manœuvre des signaux.

La boîte B_1 présente deux fenêtres *c'c* derrière lesquelles se montrent deux secteurs mobiles dont la partie supérieure est blanche et la partie inférieure rouge. Les indications de chaque fenêtre se rapportent aux trains dirigés dans le sens de la flèche placée au-dessous d'elle. La même observation s'applique à toutes les pièces disposées symétriquement *à droite et à gauche.*

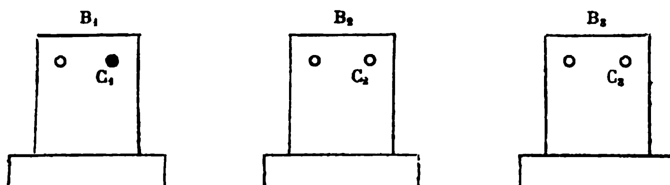
a est la manivelle de l'inducteur Siemens, qui est unique dans chaque station, un seul inducteur pouvant desservir plusieurs appareils de block.

dd' sont des boutons sur lesquels on doit appuyer pour établir la continuité du fil de ligne dans l'une ou l'autre direction jusqu'à la station suivante.

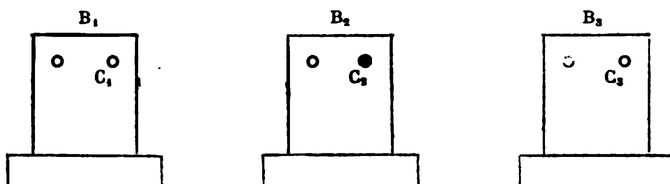
ee' sont les boutons de deux sonneries; enfin *bb'* sont les manivelles servant à la manœuvre des palettes sémaphoriques.

La figure 1 (Pl. II) représente la disposition extérieure réelle de la droite B_1 et fait comprendre comment les manivelles *bb'* peuvent être reliées aux ailettes du sémaphore S par l'intermédiaire des pièces II'.

Cela posé, si un train part du poste B_1 vers le poste B_2, le signaleur tourne la manivelle *a* et appuie sur le bouton *d;* il voit alors le secteur placé derrière la fenêtre *c* se relever peu à peu, de manière que la partie inférieure, qui est rouge, remplace la partie blanche : il faut continuer la manœuvre jusqu'à ce que l'on n'aperçoive plus de blanc. Le poste B_1 présente alors l'aspect du croquis suivant où le noir indique la couleur rouge.



Quand le train arrive en B_2, le signaleur effectue la même manœuvre, mais le courant qui fait passer au rouge la fenêtre C_2 ramène au blanc la fenêtre C_1 du poste précédent, ce qui donne les dispositions ci-après :



et ainsi de suite.

Ces changements donnent des indications au signaleur, le mécanicien ne les aperçoit pas, il ne voit que les ailes du sémaphore. Il faut donc qu'au moment du passage du train le sémaphore soit mis à l'arrêt pour le couvrir et il est indispensable que cette manœuvre ne puisse pas être oubliée ; à cet effet, il existe (*fig.* 8, Pl. I), entre le bouton *d*e t la manivelle *b* des sémaphores, une liaison telle que le bouton ne peut être abaissé tant que la manivelle *b* n'a pas été placée dans la position qui met la palette du sémaphore à l'arrêt. Or, quand le bouton *d* est relevé, les courants sont interrompus et le disque de la fenêtre *c* ne peut se déplacer. D'un autre côté, tant que le disque *c* est au rouge, il est impossible de ramener la manivelle *b* à sa première position et, par suite, la palette du sémaphore à la voie libre.

Nous n'avons pas parlé des sonneries dont *ee'* son

les boutons; ces sonneries servent à annoncer les trains. Pour les faire marcher, il suffit d'appuyer sur le bouton placé du côté de la sation à laquelle on veut transmettre le signal en tournant la manivelle *a* de l'inducteur.

Nous avons dit qu'en mettant au rouge l'indicateur C_2, le signaleur du poste B_2 fait passer au blanc l'indicateur C_1 du poste B_1. Aussitôt le signaleur de B_1 doit donner la voie libre et le train n'est plus couvert que par le sémaphore du poste B_2. Il est donc essentiel qu'à cet instant le train ait suffisamment dépassé le sémaphore B_2 pour être efficacement couvert par lui; en conséquence, il est recommandé au signaleur d'un poste de ne faire sa manœuvre au passage d'un train qu'après que celui-ci a dépassé le poste de 700 mètres environ.

Il nous reste à indiquer les dispositions intérieures de l'appareil Siemens.

Les disques D, D′ (*fig.* 7, Pl. I) sont mobiles autour des axes *b*, *b′*; le sémaphore est à voie libre sur la droite de la figure. Si on abaisse la manivelle N′, on voit que la tige S′ pourra descendre puisque le cliquet *l′* pourra se loger dans l'entaille *u′*; il y a alors moyen d'abaisser le bouton R′ qui fait descendre la tige S′ et l'amène à la position figurée en S. La tige S est alors maintenue en place par le cliquet W. Les courants de l'inducteur agissent sur l'ancre *a* qui oscille de manière à permettre au secteur D′ de remonter en tournant autour de son axe *b′*. Le mouvement du secteur est d'ailleurs produit par la pression exercée sur le bouton R′ qui se transmet par le renflement K′ et par la pièce *v′* et qui fait basculer le secteur D′ autour de son axe *b′*.

Une fois le secteur à l'arrêt, comme cela est figuré en D, on ne peut plus ouvrir le sémaphore. Mais si la station suivante lance des courants alternatifs qui agissent sur l'ancre *a* et la font tourner autour de son axe *a*, le secteur D descend par l'effet de son poids. A partir d'une certaine inclinaison du secteur, le cliquet W n'est plus retenu par la goupille *x*

en partie évidée et la tige S peut remonter par l'action du ressort *d* qui la fait relever et fait sortir le cliquet *l* de l'entaille *u*.

On est alors à même de remettre la manivelle N dans la position correspondant à la voie libre.

Sans entrer dans le détail des pièces qui ferment ou ouvrent les contacts électriques, nous ferons remarquer que les ancres *a*, *a'* ne peuvent être mises en mouvement que par une série de courants alternatifs. Par conséquent, ni une décharge d'électricité atmosphérique, ni le contact du fil de ligne avec un autre fil parcouru par des courants continus ou discontinus, mais non alternatifs, ne peut faire fonctionner les appareils Siemens.

Il résulte de ce qui précède que, si un train arrive dans une station, on ne peut débloquer la station précédente sans bloquer la station elle-même. Il est donc impossible de garer un train pour en laisser passer un autre de même sens.

Il y a deux cas à examiner : celui des gares importantes où ce fait se produit constamment et celui des petites gares où il est exceptionnel.

Dans ces dernières stations, on opère de la manière suivante :

La boîte de l'appareil (*fig.* 7, Pl. I) est percée, à sa partie supérieure, de deux ouvertures B, B' placées au-dessus des tiges *t*, *t'* des ancres *a*, *a'*. Ces ouvertures sont fermées par des obturateurs qui peuvent être scellés. Si l'on en ouvre une, on peut, avec le doigt, faire osciller l'ancre située au-dessous d'elle de manière à permettre l'échappement successif des dents et la chute du secteur par l'effet de son poids. On ramène ainsi le signal du rouge au blanc.

Voici, du reste, les prescriptions de l'ordre de service :

« Art. 18. — Lorsqu'un train devra être dépassé dans une station non munie d'appareils de couverture de gare, il sera immédiatement couvert au moyen des signaux à distance ordinaire.

« Dès que ces signaux seront fermés, le signaleur, *sur l'ordre du chef de station*, débloquera le poste précédent en mettant au rouge le disque de son appareil. Après avoir garé le train, le chef de station ou son délégué fera osciller à la main l'ancre d'échappement, de manière à débloquer son propre poste.

« La palette sémaphorique sera ensuite relevée pour autoriser le passage du train qui doit dépasser le premier.

« Le second train sera couvert comme d'ordinaire par le signal du sémaphore et celui-ci calé à l'arrêt en débloquant le poste précédent.

« Le premier train ne pourra se remettre en marche que lorsque la section suivante sera redevenue libre et que la station aura été débloquée par le poste placé plus loin.

« Après ce second départ, le poste de la station devra être débloqué à la main sans faire usage de courants électriques qui débloqueraient le poste précédent, si celui-ci avait été dépassé par un troisième train. »

Dans les stations importantes, ce procédé serait impraticable. Le dernier poste G dit de couverture de gare (*fig.* 26, Pl. III) est relié par un double fil à la station S où se trouve un appareil spécial, dans lequel la disposition des couleurs des secteurs est renversée. Ce poste G ne peut admettre les trains se dirigeant vers la station S qu'après y avoir été autorisé par le poste de la station S.

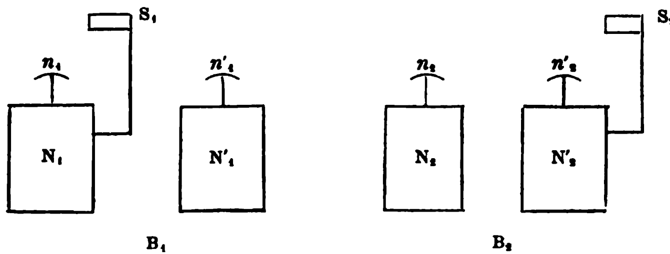
Le disque correspondant à l'arrivée est à cet effet maintenu normalement à l'arrêt, c'est-à-dire au rouge.

Quand le signaleur de la station est averti de l'approche d'un train par la sonnerie, il débloque le poste de couverture de gare, dès que le train peut être admis dans la station, et cette manœuvre ramène son propre disque au blanc.

Quand le train passe au poste de couverture de gare et que celui-ci se bloque pour couvrir le train, non seulement il débloque le poste précédent, mais il ramène au rouge le

disque de la station qui est ainsi avertie que le train entre en gare.

On a rendu plus commode l'usage du système Siemens en établissant à tous les postes deux appareils pour chaque direction ; l'un sert à annoncer le train au poste suivant et à bloquer le sémaphore, l'autre sert à débloquer le poste précédent.



Soient B_1, B_2, deux postes. Quand un train passe en B_1 on manœuvre le bouton n_1 et l'inducteur, ce qui fait passer au rouge le voyant des appareils N_1 et N_2 et exige que le sémaphore S_1, ait été préalablement mis à l'arrêt.

Quand le train passe en B_2, on fait la même manœuvre avec l'appareil N'_2, puis on presse le bouton n_2 en tournant la manivelle de l'inducteur, ce qui débloque le sémaphore S_1 et fait passer au blanc les voyants N_1 et N_2.

Cet appareil est dit jumelé, il rend les stations indépendantes et permet le garage des trains pour en laisser passer d'autres de même direction.

En réalité les 4 appareils d'un poste bien que distincts sont réunis dans une même boîte, qui porte 4 voyants, 2 pour la direction montante, 2 pour la direction descendante.

Un même inducteur suffit bien entendu pour tous les appareils. Dans les stations intermédiaires il n'y a généralement pas besoin d'utiliser l'indépendance des manœuvres

de bloquage de la section et de débloquage de la section précédente. Pour simplifier l'opération on a réuni par une tringle les deux boutons correspondant à une même direction de manière à pouvoir abaisser en même temps les deux boutons. Les deux effets de bloquage et de débloquage se produisent alors simultanément. Quand on veut garer un train pour en laisser passer un autre, il suffit d'enlever la tringle et les sections deviennent indépendantes.

APPAREIL HODGSON.

L'appareil Hodgson, qui est employé principalement sur la ligne d'Anvers à Bruxelles, réalise d'une manière plus absolue encore le block system.

Tous les signaux sémaphoriques sont normalement à l'arrêt, on ne les ouvre que pour le passage des trains.

Il faut pour ouvrir les signaux, non seulement l'intervention des agents de deux postes consécutifs, mais encore celle du train engagé sur la section.

La figure 23 (Pl. III) indique la disposition de trois postes consécutifs ABC sur une ligne à double voie.

Chaque poste comprend (*fig.* 23 et 24) :

Deux appareils transmetteurs TT';

Deux appareils récepteurs RR';

Deux sonneries SS';

Deux pédales PP' sur la voie.

Le récepteur et le transmetteur R,T ou R',T' correspondant à une même direction sont accouplés.

Les sonneries S,S', sont formées l'une par une spirale, l'autre par un timbre afin que le son en soit différent.

Considérons un des couples d'appareil, le transmetteur T offre à l'extérieur un petit signal *t* dont la palette peut être horizontale ou inclinée et indique par sa position la nature des courants qui traversent l'appareil. Au-dessous est une ouverture *u* destinée à une clef qui ne doit servir

que dans les cas exceptionnels et qui est scellée de manière que l'on ne puisse pas en faire usage sans arracher le sceau.

La fenêtre rectangulaire *m* est munie d'un curseur *p* qui n'en couvre que la moitié, mais qui peut se placer soit à droite soit à gauche en découvrant, quand il est à droite un voyant qui est rouge ou noir suivant que le curseur est enclenché ou libre. Enfin au centre du curseur existe un bouton *c* qui peut être poussé dans certaines conditions. Quand il est à fond de course, un courant est transmis au poste voisin. Ce courant est positif ou négatif selon qu'au moment où l'on appuie sur le bouton, le curseur est du côté droit ou du côté gauche de la fenêtre *m*. Dans tous les cas, à chaque émission du courant, un coup de timbre se produit au poste suivant.

Lorsque le curseur a été déplacé, puis ramené à droite (position normale), il se trouve enclenché dans cette position jusqu'à ce qu'un train soit passé sur la pédale P. Le poids du train infléchit le rail et ferme un courant qui déclenche le curseur. La pédale est placée entre deux traverses, elle consiste (*fig.* 25, Pl. III) en un levier *a*,*b*,*c* mobile autour de l'axe *b*; le rapport des bras $\frac{bc}{ab}$ est à peu près $\frac{1}{10}$; quand le train passe sur le rail, celui-ci s'infléchit et presse l'extrémité *c* qu'il abaisse, l'extrémité *a* est relevée et son déplacement est décuple de celui de l'extrémité *c*; le levier vient alors s'appuyer sur le contact *m* et le circuit étant fermé, un courant passe dans les fils *ll'* et vient agir sur le transmetteur T pour déclencher le curseur *p* (*fig.* 24).

Le second appareil R (*fig.* 24) porte également un petit signal *r*; au-dessous se trouve une clef montée sur un arbre qui est terminé derrière la boîte par un levier *ef* qui, suivant la position de la clef, maintient relevée ou abaissée une tige *fg*; celle-ci laisse libre ou enclenche suivant le cas la pièce *ab*; quand *ab* est enclenchée, on ne peut plus

ouvrir le sémaphore V avec le levier *lo*. La poignée *e* est elle-même enclenchée quand le signal V est horizontal, elle est déclenchée quand ce signal est incliné vers le bas.

En outre des liaisons mécaniques qui existent entre les appareils T et R, on a les sujétions suivantes :

1° Il est impossible de déplacer le curseur de l'appareil T vers la gauche pour transmettre le déclenchement électrique au poste précédent avant que la poignée de l'appareil R ne soit replacée dans sa position normale, c'est-à-dire avant que le signal enclenché ne soit à l'arrêt.

2° Il est impossible de tourner la poignée de l'appareil R pour ouvrir le signa avant d'avoir replacé le curseur de l'appareil T dans sa position normale (à droite) et, dans cette position, d'avoir poussé à fond le plongeur.

Nous ne pourrions pas, sans entrer dans des détails très longs, expliquer le mécanisme intérieur des appareils. Nous nous bornerons à indiquer les effets produits par la manœuvre des différentes pièces d'après l'ordre de service relatif à l'appareil Hodgson :

« 1° Dans l'une ou l'autre position du curseur de l'appareil T d'une extrémité de section, lorsqu'on presse le plongeur, il se produit un coup net de sonnerie à l'autre extrémité de la section considérée. »

« 2° Lorsque le curseur d'un appareil T est à gauche, si l'on presse le bouton *c*, il se produit à l'autre extrémité de la section en même temps que le coup de sonnerie le déclenchement du signal qui autorise l'entrée d'un train sur ladite section. »

« 3° Avant de pouvoir déplacer le curseur de la droite vers la gauche pour donner le déclenchement au poste précédent, il faut enclencher à l'arrêt le signal du poste, ou, ce qui est la même chose, avant de débloquer le poste précédent, le signaleur doit se bloquer lui-même. »

« 4° Avant d'ouvrir le signal du poste pour permettre au train de continuer sa marche, il faut replacer le curseur

dans sa position normale et appuyer sur le bouton *c*, c'est-à-dire rétablir l'enclenchement au poste précédent. »

« 5° Lorsque le curseur est placé à gauche, on peut donner un déclenchement au poste précédent, mais avant d'en transmettre un second, il faut rétablir ledit curseur dans sa position normale. »

« 6° Le curseur étant replacé dans sa position normale : après le déclenchement, il reste calé dans cette position jusqu'au moment où l'action électrique de la pédale produit au passage du train vient le libérer. »

« 7° Enfin, le signal du poste ayant été abaissé pour livrer passage à un train, si le garde du poste suivant oubliait de rétablir l'enclenchement, celui-ci se produirait immédiatement au moment où le signaleur du poste considéré déplacerait son curseur pour transmettre le déclenchement au poste précédent. »

Nous donnerons encore, d'après l'ordre de service des chemins de fer de l'État belge, le détail des manœuvres successives à effectuer pour le passage des trains.

Les postes 1 et 5 (*fig.* 5, Pl. II) sont des postes simples placés aux extrémités de la ligne; ils ne comportent qu'un couple d'appareils.

Les postes intermédiaires ont quatre appareils; les postes de jonction ont aussi deux séries d'appareils, l'une pour les trains divergents, composée d'un transmetteur et d'autant de récepteurs qu'il y a de lignes divergentes, l'autre pour les trains convergents composée d'un récepteur et d'autant de transmetteurs qu'il y a de lignes convergentes.

Aux postes de pleine voie, il y a un seul sémaphore avec un ailette de chaque côté; aux stations il y a deux sémaphores, un pour chaque voie; aux bifurcations un seul mât porte les signaux pour tous les trains divergents, il y a en outre un sémaphore sur chaque ligne convergente, comme l'indique la figure 5.

Les chiffres (2-2), (3-3), indiquent les postes doubles.

Les lettres A, B, C indiquent les stations.

Pour assurer la circulation d'un train de A vers C, on procède comme il suit :

« Une minute avant le départ du train de la station A, le signaleur du poste (1) demande le déclenchement au signaleur du poste (2-2), au moyen de trois coups de sonnerie ●●●.

« Le signaleur du poste (2-2) répond ●●●, dès que la section (1-2) est libre.

« Le signaleur (1) donne alors un coup de sonnerie ● pour indiquer qu'il est prêt à recevoir le déclenchement.

« Le signaleur (2-2) met à gauche le commutateur de l'appareil T de la section (1-2) et donne le déclenchement en même temps qu'un coup de sonnerie ●.

« Le signaleur (1) tourne de gauche à droite la poignée de l'appareil R de la section (1-2), puis met au passage le sémaphore en relation avec cet appareil. Il annonce au signaleur (2-2) l'achèvement de cette opération par deux coups de sonnerie ●●.

« Le signaleur (2-2) remet dans la position normale le curseur qu'il vient de déplacer, puis répond au signaleur (1) par deux coups de sonnerie ●●. En donnant le premier de ces coups, il prépare au poste (1) l'enclenchement du sémaphore. Cet enclenchement se produira lors de la remise à l'arrêt dudit sémaphore.

« Immédiatement après ces opérations, le signaleur (2-2) demande le déclenchement au signaleur (3-3) et toutes choses se passent rigoureusement entre ces deux agents comme il vient d'être dit pour les signaleurs (1) et (2-2).

« Le signaleur (3-3) qui se trouve dans la station B attend pour demander le déclenchement au poste (4-4), que le train soit arrêté, ou bien qu'il soit en vue s'il ne doit pas faire arrêt dans la station précitée.

« Dès que la dernière voiture du train engagé sur la sec-

tion (1-2) a dépassé le sémaphore d'entrée sur cette section, le garde du poste (1) remet son signal à l'arrêt et la poignée correspondante dans la position normale. Les postes doubles suivants remettent également leur sémaphore à l'arrêt, dès que le train les a franchis, mais ils ne replacent la poignée dans la position normale que lorsque l'arrière du train s'en trouve éloigné de 700 mètres.

« Le signaleur (4-4), posté à une bifurcation, ne demande le déclenchement au poste (5) que lorsqu'il a été informé, par des moyens spéciaux, de la direction que prend le train.

« En résumé, les règles à suivre pour la manœuvre des appareils sont énoncées ci-après :

« 1° Les signaux de sonnerie à échanger entre deux agents pour l'exécution des opérations successives que comporte l'ouverture d'une section doivent toujours être exactement répétés par l'agent auquel le signal est adressé ;

« 2° La demande de déclenchement se fait par trois coups de sonnerie ●●● ;

« L'indication du moment précis où le déclenchement doit se faire se donne par un coup de sonnerie ● ;

« L'indication de l'ouverture du signal d'une section se donne par deux coups de sonnerie ●● ;

« 3° Les signaleurs des postes situés entre les stations (autres que les bifurcations) transmettent la demande de déclenchement au poste suivant, dès qu'ils ont terminé leurs opérations avec le poste précédent ;

« Les signaleurs des postes de station transmettent la demande de déclenchement une minute avant le départ des trains arrêtés et, pour un train qui ne s'arrête pas, lorsque celui-ci est en vue ;

« Les signaleurs des postes de bifurcation ne transmettent la demande de déclenchement au poste suivant que lorsqu'ils ont reçu avis de la direction que prend le train ;

« 4° Les signaux sémaphoriques sont remis à l'arrêt immédiatement après le passage de la dernière voiture du train ;

« Aux postes d'about, les poignées qui commandent ces signaux sont replacées aussitôt après dans leur position normale. Aux autres postes, ces poignées ne sont replacées dans leur position normale que lorsque le train se trouve à 700 mètres du poste ;

« 5° En ce qui concerne les postes d'about, il est de la plus haute importance que la prescription qui fait l'objet du 4° soit rigoureusement observée ; mais il faut encore que le poste suivant ne néglige pas de rétablir l'enclenchement après l'ouverture du signal placé à l'extrémité de la ligne. Le poste d'about et le poste voisin doivent, à ce point de vue, être particulièrement surveillés ;

« 6° Immédiatement après le passage du train sur la pédale, le signaleur vérifie si l'action électrique, provoquée par la manœuvre de cette pédale, a bien été transmise à l'appareil en relation, c'est-à-dire si la fenêtre placée à la gauche du curseur est passée du rouge au noir ;

« Dans le cas contraire, il fait usage de la clef spéciale dans les conditions qui seront indiquées à l'article 17. »

Il nous reste à considérer ce qui se passe lorsqu'un train doit se garer dans une station, pour en laisser passer un autre.

Dans ce cas, le signaleur de la station ne doit pas demander le déclenchement.

« Avant le départ d'un train dépassé, il est formellement interdit au signaleur d'admettre un troisième train sur la section précédente pour les deux raisons indiquées ci-après :

« 1° Si la pédale est placée de telle façon qu'à son départ, le train dépassé doive la déprimer, la section précédente pourrait être libérée d'une manière intempestive, et deux trains pourraient être introduits en même temps ;

« Si, au contraire, la pédale ne doit pas être touchée au départ du train dépassé, le danger subsiste de voir introduire deux trains sur la section suivante dans le cas où le signaleur omettrait de remettre son signal à l'arrêt et la poignée de ce signal dans la position normale, immédiatement après le départ du train dépassé.

« Si le dépassement du train n'avait pas été prévu en temps utile, et si, par suite, les opérations de mise au passage du sémaphore de la station avaient été effectuées, le signaleur de la station enverrait au poste suivant un signal formé de cinq coups de sonnerie ●●●●●.

« Le signaleur de ce dernier poste, après avoir répété ce signal, ferait usage de sa clef spéciale pour libérer l'appareil T, transmetteur du déclenchement. (Cette clef, qui est habituellement scellée sur le côté de la boîte de l'appareil, manœuvre une pièce qui est placée vis-à-vis de l'ouverture *u* (*fig.* 24, Pl. III) et qui permet le déclenchement en dehors du fonctionnement de la pédale).

« Le signaleur de la station replacerait le signal à l'arrêt et la poignée dans sa position normale.

« Puis il serait procédé comme il vient d'être dit pour la situation régulière. »

Les appareils que nous venons de décrire sont compliqués et, par suite, coûteux. Le prix est de 5 000 francs pour un poste double avec ses pédales. Les appareils Siemens ne coûtent que 3 500 francs.

On les considère comme insuffisants en Belgique parce qu'ils ne possèdent pas de pédales ; nous devons cependant faire observer qu'on a cherché en 1879 à les rendre automatiques au moyen d'une pédale qui agit par la compression de l'air ; on a même imaginé une disposition qui permet d'appliquer la pédale sur la voie unique en la rendant indifférente au passage des trains d'une direction déterminée.

Les dispositions de cette pédale ont été décrites par

M. Cossmann dans le journal *la Lumière électrique* (numéro du 5 mai 1883).

Nous n'avons pas à en parler, aucune application n'en ayant été faite en Belgique.

APPAREILS FLAMACHE.

M. l'Ingénieur Flamache a construit un appareil qui possède les propriétés de l'appareil Hodgson, mais dont la complication est beaucoup moins grande.

Un poste comporte un appareil double (*fig.* 2 et 3, Pl. II) renfermé dans uue seule boîte. Chaque appareil montre à l'extérieur :

1° Un mât fixe avec deux signaux VV′ de formes différentes ;

2° Une manivelle OM et deux boutons S,S′. L'axe de la manivelle (*fig.* 3 et 4) traverse la boîte et porte à l'extrémité opposée à la manivelle (*fig.* 6 et 7) un disque *d* échancré en *u*. Dans le plan vertical de l'axe O se trouve un second disque *d′* mobile autour d'un axe horizontal O′ et échancré en *u′*.

Il est évident que le disque *d′* ne peut tourner que si le disque *d* lui présente son encoche ; dans toute autre position du disque *d*, ce disque pénètre par sa partie pleine dans l'encoche de *d′* et cale ce dernier et son axe. L'axe *d′* porte (*fig.* 4) une pièce fixe *fd′* reliée par la bielle *fh* au levier FG du signal sémaphorique.

On ne peut ouvrir ce signal qu'autant que le disque *d* a son encoche à son point le plus bas, ce qui correspond à la position verticale de la manivelle M (*fig.* 2). Réciproquement, pour donner à la manivelle une position autre que la verticale, il faut d'abord que le sémaphore soit mis à l'arrêt.

L'axe O (*fig.* 2) porte :

1° Une roue dentée *a* pressée par un cliquet *c* qui ne

permet les mouvements de l'axe que dans un sens et donne pour cet axe trois positions d'arrêt correspondant aux positions de la manivelle indiquées par les traits ponctués OM, OM′, OM″;

2° Un levier coudé AOB.

Au-dessus de l'axe O se trouve un axe N sur lequel est montée une pièce F à quatre saillies H,L,K,R dont l'une H est munie d'un fer doux qui peut être soulevé par l'électro-aimant E.

Les figures 8, 9, 10 représentent la position des deux pièces principales de la manivelle et des axes O et N.

Lorsque la manivelle est verticale (*fig.* 8) et qu'un courant passe dans l'électro-aimant E, le taquet A vient buter contre la saillie K, la manivelle est calée.

Si le courant est interrompu, le fer doux E cesse d'être attiré et la pièce HK, prend en vertu de son poids la position ponctuée. On peut alors faire mouvoir la manivelle jusqu'à la position M′ (*fig.* 2 et 9). Si à cet instant un courant passe dans l'électro-aimant, la saillie B est arrêtée par le butoir K et la manivelle est calée. Si le courant cesse la pièce HK bascule et la saillie B peut passer; on peut alors amener la manivelle à la position M″ (*fig.* 2), mais le crochet L arrête la saillie B (trait ponctué, *fig.* 10) : la manivelle est calée. Si un courant passait dans l'électro-aimant quand la saillie B a cessé de soutenir la pièce HK, le crochet L serait maintenu relevé, et dans ce cas on peut ramener la manivelle à la position verticale M. Il faut en effet remarquer que l'électro-aimant ne sert qu'à maintenir la pièce H relevée; il ne peut pas la soulever, ce sont les saillies A et B qui produisent ce dernier mouvement.

En résumé, il faut qu'aucun courant ne passe dans l'électro-aimant pour que la manivelle puisse être amenée de M en M′ ou de M′ en M″; il faut qu'un courant passe dans l'électro-aimant pour que la manivelle puisse être amenée de M″ en M.

Les petits signaux V, V′ (*fig.* 2) qui se trouvent sur la boîte indiquent l'un (le plus élevé) la position à donner au signal sémaphorique du poste, l'autre (l'oriflamme) la position occupée par le signal sémaphorique du poste précédent.

La pédale (*fig.* 11, Pl. II) est analogue à celle du système Hodgson, mais le rail agit entre l'axe O et le contact électrique *c*. Elle est figurée schématiquement en P sur la figure 8.

Quand le train passe, le rail s'infléchit et l'extrémité *c*′ du levier s'éloigne du contact *c*; le circuit cesse d'être fermé et le courant est interrompu.

Nous devons encore mentionner deux pièces I, I′ (*fig.* 2) que l'on appelle interrupteurs.

Quand la pièce H est relevée, la saillie R est en contact avec *gh*; quand la pièce H est abaissée complétement (trait ponctué, *fig.* 8), la saillie R est en contact avec *g*′*h*′.

Le courant qui actionne l'électro-aimant E passe par *g*, *h*, R, H; il ne peut donc y avoir attraction de l'électro-aimant que si le contact a lieu en *h*, par conséquent lorsque la pièce HK est relevée par l'une des saillies A ou B, ce qui exige que l'on déplace la manivelle M.

L'interrupteur I′ a pour but de remédier à un inconvénient qui pourrait résulter d'une négligence de l'agent. Nous croyons inutile de donner des détails sur ce point.

Considérons maintenant ce qui a lieu dans un poste P quand un train va arriver. Désignons par les indices 0, 1 et 2 les pièces des appareils des postes P_0, P_1, P_2.

Au poste P_1, la manivelle M_1 est verticale (*fig.* 8), mais on ne peut la déplacer tant que la pièce H_1K_1 n'est pas abaissée, ce qui exige que le courant de l'électro-aimant soit coupé; cet effet se produit quand le train passe sur la pédale. On peut alors amener la manivelle à la position M'_1 pourvu que les encoches des arbres O_1 et O'_1 (*fig.* 6 et 7) se correspondent, ce qui exige que le sémaphore soit à l'arrêt. Arrivée en M'_1 (*fig.* 9) la manivelle est calée par

la saillie K_1, contre laquelle vient buter la saillie B_1. Le poste d'amont P_0 a alors sa manivelle en M''_0; quand il l'amène à la position M_0, il coupe le circuit; la pièce H_1K_1 s'abaisse et la manivelle du poste peut passer de M'_1 en M''_1. Quand le train a passé sur la pédale du poste suivant P_2, celui-ci amène la manivelle de M_2 en M'_2, ce qui envoie au poste P_1 un courant de déclenchement qui maintient relevée la pièce H_1K_1; on peut donc faire repasser la manivelle de M''_1 à M_1.

Les boutons des sonneries S,S' (*fig.* 2) qui ont leur pile et leur fil spécial ne servent qu'à prévenir le poste des manœuvres qui se font dans les postes voisins.

Les courants sont dirigés dans le sens convenable dans l'appareil par un commutateur multiple V (*fig.* 3) placé sur l'axe O de la manivelle M.

Nous n'entrerons pas dans la description de ces détails de construction.

On peut rendre les sections indépendantes en dédoublant chaque appareil comme cela a lieu dans le système Hodgson.

Les appareils de M. Flamache sont relativement simples et ne coûtent pas plus de 3 500 francs par poste. Ils vont être mis en expérience sur la ligne de Denderleeuw à Sottegen; ils ont été l'objet d'un rapport au Comité de l'exploitation technique. Dans ses conclusions, qui ont été adoptées, M. Vicaire reconnaissait la simplicité des moyens employés par l'inventeur pour résoudre les divers problèmes que soulève l'application du block system et réservait son jugement sur la valeur pratique de l'appareil, qui n'avait pas encore été soumis au contrôle de l'expérience.

Étant admis le principe que chaque section ne doit pas pouvoir être débloquée tant qu'un train n'a pas passé sur un certain point de la section, le système de M. Flamache est en effet le plus robuste et le plus simple de tous les systèmes qui ont été inventés jusqu'ici.

Il peut très facilement être adapté au service de la voie unique et on espère que son emploi permettra sur ces lignes une exploitation beaucoup plus active que ne le permettent les systèmes qui ne satisfont pas au principe ci-dessus.

En supposant qu'il en soit ainsi, on pourrait retarder de une ou plusieurs années l'établissement d'une double voie, et, comme l'intérêt des frais de la double voie pendant un an seulement est supérieur au prix d'établissement des appareils Flamache, l'emploi de ce système ferait réaliser une économie notable, d'autant plus que l'usage des mêmes appareils serait conservé après la construction de la nouvelle voie.

RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES SUR LE DÉVELOPPEMENT DU BLOCK SYSTEM.

Les installations du block system ont commencé en Belgique en 1879. Le tableau suivant indique par année les travaux exécutés pour étendre ces installations à tout le le réseau.

SYSTÈMES.	DÉPENSES EFFECTUÉES.				
	1879.	1880.	1881.	1882.	1883.
	fr.	fr.	fr.	fr.	
Block system.	16 255	»	»	»	»
Block Siemens..	»	442 671	600 355	125 798	»
Block Hodgson..	»	272 119	62 262	130 565	»
Block Flamache.	»	»	»	»	»
Grosses sonneries Siemens.	7 786	»	443 617	139 210	»

Nous croyons intéressant d'indiquer aussi comment les différents systèmes se répartissent sur le réseau des che-

mins de fer de l'État belge. Le tableau ci-après représente la situation au 31 décembre 1883.

DÉSIGNATION des LIGNES.	NOMBRE de voies.	SONNERIES SIEMENS		BLOCK Siemens établis.	BLOCK Hodgson établis.	BLOCK Flamache projetés.	EXPLOITATION sans appareils spéciaux.
		Établies.	Projetées.				
Diverses.	1	645	»	»	»	»	»
Diverses.	1	»	281	»	»	»	»
Diverses.	2	»	»	895	»	»	»
Anvers à Bruxelles et diverses.	2	»	»	»	56	»	»
Denderleeuw à Sottegen.	1	»	»	»	»	21	»
Diverses.	1	»	»	»	»	»	811
Diverses.	2	»	»	»	»	»	350

Les lignes où fonctionnent les grosses sonneries Siemens comprennent la ligne de Denderleeuw à Sottegen, où l'on doit établir le système Flamache.

DROMOSCOPE ET DROMOPÉTARD.

Le Dromoscope et le Dromopétard sont trop connus pour qu'il soit nécssaire de les décrire; nous nous bornerons à rappeler le principe.

Le Dromoscope consiste en un disque mobile autour d'un axe horizontal sous l'action d'un contrepoids; deux pédales sont placées sur la voie à une distance choisie arbitrairement. La première a pour effet, au passage du train, de déclencher le disque et de lui permettre de céder à l'action du contrepoids; la deuxième pédale, au contraire, arrête le mouvement du disque.

Un secteur blanc sur fond noir rend très net le déplace-

ment subi par le disque et des numéros placés sur le pourtour de l'appareil indiquent au mécanicien la vitesse avec laquelle le train a parcouru l'intervalle de deux pédales.

Le Dromopétard est un pendule de 1 mètre de longueur, maintenu écarté de la verticale par un cliquet que la première roue du train déplace. Le pendule oscille et, en arrivant à l'extrémité de l'arc qu'il décrit, il rencontre un cliquet retenant un fil d'une certaine longueur relié à un pétard. Tant que le cliquet retient le fil, le pétard est au-dessus du rail; dès que le pendule déplace le cliquet, le fil devient libre et le pétard s'écarte. Si le pendule est à *n* mètres du pétard, le train écrasera ce dernier lorsque la vitesse du train dépassera *n* mètres par seconde.

Ces appareils ont été expérimentés en France, mais nous ne croyons pas que l'un ou l'autre soit sur aucune ligne utilisé d'une manière régulière.

En Belgique, non seulement on s'en sert, mais encore on les associe sur certains points dangereux.

La figure 27 (Pl. III) indique la disposition adoptée.

Les pédales du Dromoscope sont placées à 250 et à 200 mètres du point dangereux et le Dromoscope lui-même est à 100 mètres en avant de ce point.

La pédale du Dromopétard, qui n'est qu'à 10 mètres du pétard, se trouve vis-à-vis du point dangereux. Lorsque le mécanicien passe devant le Dromoscope, il peut, avant même de l'atteindre, reconnaître la vitesse de son train d'après la position du secteur blanc sur le fond noir. Il a encore le temps de ralentir avant d'aborder le point dangereux.

On a installé, en 1881, sur les chemins de fer de l'État, 48 postes de Dromoscopes ou Dromopétards.

On a essayé, en France, sur les chemins de fer de l'Ouest, les Dromopétards. Ces appareils ont d'abord présenté quelques difficultés dans leur application, mais ils fonctionnent aujourd'hui régulièrement aux abords de Rouen.

AIGUILLES.

Les aiguilles sont des points où la voie présente une solution de continuité, ce qui est toujours une source de dangers.

On peut pallier l'inconvénient en empêchant que les aiguilles ne puissent prendre une position intermédiaire entre leurs deux positions extrêmes, de manière à éviter, sinon une fausse direction, du moins un déraillement. On peut aussi se proposer de conserver la continuité de l'une des voies en sacrifiant dans une certaine mesure la circulation sur l'embranchement.

L'appareil Hohenegger satisfait à la première condition, l'appareil Williams à la seconde.

L'appareil Hohenegger a été décrit par M. Lecoq dans la *Revue générale des chemins de fer*.

Il consiste (*fig.* 1, 2, 3, Pl. III) en un contre-rail AB extérieur à la voie, qui peut se déplacer dans un plan vertical. Ce contre-rail à section rectangulaire est articulé avec les bielles *aa'*, *bb'*, *cc'* ...., mobiles elles-mêmes autour de leurs axes *a*, *b*, *c* ....; quand un train passe, les bandages des roues appuient sur le contre-rail et les bielles prennent leurs inclinaisons maxima soit à droite, soit à gauche. Une bielle *om*, mobile autour de l'axe *o*, est alors abaissée par une saillie du contre-rail et elle est reliée aux aiguilles de telle sorte que, dans la position la plus basse, soit à droite, soit à gauche, elle force l'aiguille à buter contre l'un des rails de la voie (*fig.* 2).

Si l'aiguille est faite incomplètement à l'arrivée du train, le contre-rail est abaissé, la bielle *om* cède et amène les aiguilles à leur position normale.

Cet appareil donne, paraît-il, des résultats satisfaisants.

L'appareil Williams comporte deux parties : l'aiguille et le croisement. Sur ces deux points, les deux files de rails de la voie principale sont continues.

Les figures 11, 6, 7 (Pl. III) montrent la disposition de l'aiguille et du croisement lorsque la circulation doit se faire sur la voie principale.

Pour donner accès sur la voie accessoire, on déplace les aiguilles *gh*, *g'h'* et on les amène de la position de la figure 11 (Pl. III) à celle de la figure 12. Les aiguilles sont parallèles, elles sont chacune à droite du rail le plus voisin, contrairement à ce qui a lieu avec les aiguilles ordinaires, dont les deux branches sont intérieures par rapport aux deux files continues des rails. Les aiguilles n'ont pas leur surface de roulement de niveau, elles forment plan incliné, le point le plus bas se trouve à la pointe.

Les coupes (*fig.* 8, 9, 10, Pl. III) montrent très clairement comment, grâce à cette inclinaison, les roues des wagons pourront franchir le rail continu K (*fig.* 9).

Au croisement, c'est l'autre file de roues qui doit franchir le même rail.

La pièce *mn* est mobile autour du point *n* (*fig.* 6, Pl. III), le côté *m'n* présente la forme du champignon du rail. Quand cette pièce est amenée à la position des figures 4 et 5, on voit que le rail mobile *m'* recouvre le rail continu et vient se placer dans le prolongement du rail *od* de la voie accessoire.

La voie accessoire, en supposant qu'elle doive conserver le même niveau que la voie principale près des points de bifurcation, présente donc les dispositions suivantes :

Une rampe avec aiguilles pour passer par-dessus la file de rails continue située du côté de la bifurcation, une partie de niveau jusqu'au croisement, au delà une nouvelle pente pour retrouver le niveau primitif, pente qui d'ailleurs peut être quelconque, tandis que la première pente est déterminée par la longueur des aiguilles. Cette longueur était d'abord de $4^{m},25$, on l'a portée maintenant à $5^{m},50$. Cette modification a réduit la pente à $0^{m},01$ par mètre.

Les pièces mobiles du croisement et des aiguilles tour-

naient sur pivot dans le premier type essayé; dans un nouvel appareil, la rotation se fait sur éclisse non boulonnée à fond du côté de la partie mobile. On a en même temps simplifié la forme des coussinets de glissement qui ont été tous ramenés à un même type.

Le croisement et les aiguilles sont manœuvrés au moyen d'une seule tringle rigide rattachée à un appareil qui porte deux poulies sur lesquelles sont fixés deux fils qui agissent sur les deux palettes du sémaphore.

L'enclenchement s'obtient de la manière suivante :

Le levier A (*fig.* 19, Pl. III) est fixé au cercle C qui peut tourner autour de son axe *n* et présente un évidement EE″. L'axe O du levier MO est évidé de manière à permettre, pour une certaine orientation, la rotation du cercle C et à ne pouvoir tourner sur lui-même qu'autant qu'il se trouve dans le renflement E″; si l'on tourne si peu que ce soit l'axe O dans l'évidement E″, on ne peut donc plus faire tourner le cercle C, comme le montrent les figures 18 et 20.

L'axe O porte un levier MO dont l'extrémité *u* (*fig.* 19) est reliée à la tige rigide des aiguilles; l'axe du cercle C porte les poulies des fils du sémaphore. On voit donc qu'on obtient ainsi d'une part la manœuvre simultanée des aiguilles et du croisement, d'autre part l'enclenchement des signaux sémaphoriques de façon que la voie accessoire ne puisse être ouverte sans que le signal correspondant à la voie principale soit mis à l'arrêt ou inversement.

SIGNAUX.

Les signaux employés en Belgique en pleine voie sont les suivants :

1° Les signaux avancés de forme rectangulaire;

2° Les signaux d'arrêt de forme ronde;

3° Les sémaphores.

Les palettes des sémaphores sont placées de manière à se trouver à gauche du mât pour le machiniste qui doit les observer.

Elles sont peintes en rouge du côté où elles commandent l'arrêt; au milieu, on ménage une petite surface, blanche qui fait qu'elles se détachent plus nettement sur les fonds de couleur foncée.

Plusieurs palettes peuvent être superposées dans le cas où il y a plusieurs voies divergentes. Chaque palette porte alors une inscription en noir indiquant la voie à laquelle elle se rapporte. Cette inscription se détache très bien quand la palette est fraîchement peinte, mais elle devient peu à peu confuse à cause de la fumée qui la noircit.

Quand il y a plusieurs palettes, chacune correspond à une direction différente. Les palettes sont alors rangées de haut en bas dans le même ordre que les voies de gauche à droite.

Les signaux sémaphoriques sont toujours à l'arrêt, sauf sur les lignes où l'on a adopté l'appareil Siemens.

Certaines palettes sont munies de plusieurs contrepoids ce qui les met sous la dépendance de plusieurs signaleurs.

Les sémaphores étant des signaux d'arrêt peuvent remplacer les signaux ronds d'arrêt.

On peut, par suite, dans une bifurcation avoir l'un des deux systèmes représentés par les figures 21 et 22 (Pl. III).

Dans la seconde disposition, les sémaphores remplacent les disques. Les disques ou les sémaphores qui leur sont substitués sont toujours placés à 60 mètres du point dangereux à couvrir.

DISPOSITION D'ENSEMBLE DES POSTES SAXBY ET FARMER.

Les signaux et les aiguilles sont généralement enclenchés au moyen des appareils Saxby et Farmer.

Comme exemple, nous donnerons la disposition des si-

gnaux des voies principales de la gare de Bruxelles Nord et de la cabine Saxby (*fig.* 13 à 17, Pl. III).

Les signaux sont installés sur un pont TT qui passe sur le chemin de fer (*fig.* 13 et 14, Pl. III).

Les palettes *t*, fixées sur la paroi du pont sont normalement à l'arrêt, elles servent de signaux aux trains en manœuvre. On les incline à 45 degrés pour permettre à une machine ou à un train de sortir de la gare pour faire une manœuvre.

Les sémaphores p_1, p_2, p_3 sont normalement à l'arrêt; ils permettent, quand les palettes sont inclinées à 45 degrés, la sortie des trains sur la voie à laquelle ils correspondent. Le grand mât sémaphorique P s'adresse aux trains qui veulent pénétrer dans la gare, et chaque palette correspon à une des voies d'arrivée.

Le poste Saxby est situé de telle manière que les agents ne peuvent apercevoir de loin les trains qui arrivent; il a fallu, en conséquence, établir des moyens de communication entre ce poste et les postes voisins.

Dans la cabine M (*fig.* 14 et 15), se trouvent :

1° Une rangée E de 100 leviers de signaux et d'aiguilles;

2° Une rangée D de 13 leviers de sonneries et de disques d'appel servant à la manœuvre de pièces (Slots) qui empêchent un autre poste d'ouvrir intempestivement un signal;

3° Une rangée C de disques d'annonces et de sonneries manœuvrés par un autre poste. Les disques sont normalement horizontaux; quand on fait le signal correspondant à l'un d'eux, cet appareil prend une inclinaison de 45 degrés, et une sonnette appelle en même temps l'attention des agents du poste;

4° Un appareil Leduc A (*fig.* 15 et 16) pour annoncer de quelle direction vient un train qui se dirige vers la gare.

Cet appareil se compose d'une boîte A percée d'une

fenêtre F derrière laquelle se met une feuille de papier.

A chaque émission de courant, la feuille descend d'un cran et indique une nouvelle direction. Quand l'avis est reçu l'agent du poste presse le bouton P qui fait remonter la feuille. L'appareil est alors prêt à fonctionner de nouveau;

5° Un appareil Daussin B (*fig.* 15 et 17).

C'est un cadran sur lequel sont inscrits des numéros. Une aiguille mobile *a* franchit l'intervalle de deux numéros consécutifs à chaque émission de courant lancée par le poste voisin. A chaque numéro correspond une indication convenue. Quand le signal a été compris, l'agent, en poussant un bouton, ramène l'aiguille au zéro.

APPAREILS D'ENCLENCHEMENT.

Les appareils d'enclenchement ont été établis d'une manière générale sur les lignes de l'État belge.

On s'est proposé principalement :

1° De manœuvrer avec les appareils Saxby toutes les aiguilles situées sur les voies où circulent des trains de voyageurs, ainsi que les aiguilles qui donnent accès aux voies consacrées principalement aux services des trains de voyageurs;

2° De verrouiller les aiguilles prises en pointe par les trains sur les voies principales et toutes celles (sauf rares exceptions) qui donnent accès aux voies principales.

Ces installations ont été commencées en 1868, on peut les considérer comme à peu près terminées. Voici du reste le tableau des travaux effectués annuellement.

ANNÉES.	NOMBRE DE GARES. munies de postes Saxby (1).	NOMBRE de leviers installés.	DÉPENSES.
1868	3	»	»
1869	»	»	»
1870	2	»	»
1871	9	»	»
1872	5	»	»
1873	7	»	»
1874	4	»	»
1875	8	»	»
1876	2	»	»
1877	9	»	»
1878	9	»	293 548, 44
1879	21	647	592 000, 00
1880	61	1406	1 351 000, 00
1881	53 (2)	1616	1 439 000, 00
1882	29	1083	793 000, 00
1883	»	»	»

(1) Deux appareils seulement ont été construits d'après les systèmes Bemelmans et Languet; tous les autres sont du système Saxby et Farmer.
(2) Le nombre des appareils existant au 31 décembre 1881 était de 218.

ENCLENCHEMENT DES BARRIÈRES, DES BUTOIRS ET DES PONTS TOURNANTS.

Les leviers manœuvrés par les postes Saxby ne sont pas seulement appliqués en Belgique aux aiguilles et aux signaux.

On en fait souvent usage pour enclencher les barrières de passages à niveau et les plaques tournantes, et pour amener sur les rails de petits butoirs mobiles. Nous allons indiquer brièvement les dispositions adoptées dans chaque cas.

1° *Barrières.* — Quand il s'agit d'une barrière roulante, le verrou est au niveau du sol; il se meut dans le sens perpendiculaire à la voie. Les croquis 11 et 12 (Pl. IV) donnent en plan : le premier, la position du verrou quand la barrière est fermée et enclenchée; le second, la position du verrou quand la barrière est rendue libre. Pour ouvrir la

barrière, il faut la faire rouler dans le sens indiqué par la flèche. Une disposition analogue est adoptée pour les barrières formées par une simple poutrelle qui glisse dans les vides ménagés à la partie supérieure des deux poteaux qui la soutiennent. Mais alors l'axe du verrou est vertical et est fixé sur le côté de l'un des poteaux. Les dessins 13 et 14 (Pl. IV) montrent en élévation les deux positions du verrou suivant que la barrière supposée fermée est enclenchée ou libre.

Quand la barrière est ouverte, si l'on veut donner au verrou la position d'enclenchement, le verrou vient buter contre la poutrelle; on est ainsi averti au poste de manœuvre que la barrière est ouverte.

2° *Butoirs.* — Dans les gares, les butoirs mobiles placés près des aiguilles ou des croisements sont souvent formés d'une pièce de fonte *ab* (*fig.* 4, Pl. IV) qui peut tourner autour de l'axe horizontal *a* et occuper les deux positions *ab*, *ab'*. Quand le butoir est abaissé sur le rail, son extrémité libre est traversée par un goujon fixe *c* qui peut recevoir une clavette. Sur le rail opposé à celui qui porte ce butoir on place quelquefois un autre arrêt en forme d'accent circonflexe (*fig.* 5, 6, 7, Pl. IV) qui peut être amené sur le rail ou retiré en dehors de la voie. Ce butoir, mobile autour de l'axe *o*, est manœuvré par le poste Saxby au moyen de la tige *ab*. L'appareil est en fonte et il est facile de voir sur les figures son mode de fonctionnement. Il peut à la rigueur arrêter une voiture, mais il sert surtout d'indicateur tant pour les mécaniciens que pour les agents de la voie.

Tantôt il est placé sur rail en face d'un butoir du type de la figure 4 (Pl. IV) disposé sur le rail opposé de la même voie; tantôt il est seul.

Ce cas se présente notamment sur les voies transversales qui conduisent à des plaques tournantes placées sur les voies principales. Cette disposition empêche les agents

d'engager la voie principale tant que le poste Saxby n'a pas fermé les signaux qui couvrent cette voie.

Une disposition analogue est employée sur le chemin de de P.-L.-M. à la gare de Lyon.

Mais il y a deux heurtoirs, un sur chaque file de rails manœuvrés simultanément. Lorsque la voie est libre, ils se rabattent entre les rails; pour fermer la voie, on les relève et ils viennent se placer au-dessus des rails.

3° *Ponts tournants.* — Divers appareils ont été proposés en Belgique pour le calage des ponts tournants. Nous indiquerons succintement les dispositions adoptées par M. Telly à Audighem, par M. Brunnel au pont de Deffel et par M. Majolini au pont de la Louvière; ce dernier appareil a été décrit par M. Heymans dans le *Mémorial des chemins de fer de l'État belge*.

Dans l'appareil Brunnel (*fig.* 8 à 10, Pl. IV) le verrou qui cale le pont tournant ne peut pas être retiré sans que les signaux ferment la voie, et quand le verrou est retiré, il est impossible de mettre les signaux à la voie libre.

Les leviers L et L′ du signal d'arrêt et du signal avancé sont enclenchés au moyen d'un verrou *tt′* qui ne permet l'ouverture des signaux que lorsque le verrou a été tiré dans le sens de la flèche, de manière à dégager les flasques des deux leviers. Ce mouvement du verrou se produit au moyen d'un appareil placé en P qui fait en même temps mouvoir les tiges *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, dans le sens des flèches. La pièce *ed* est un verrou qui enclenche le verrou *gh* de calage du pont en passant dans un orifice ménagé vers l'extrémité de *gh*.

Les figures 8 et 9 indiquent en plan et en élévation les dispositions de détail qui sont simples et très ingénieuses.

On voit que si le verrou *gh* est à fond de course en avant (calage du pont), le verrou *ed* peut pénétrer dans l'ouverture *o;* si l'on retire le verrou *gh*, la pièce *mn* tourne en vertu de son poids autour de l'axe *u* et comme

cette pièce est pleine, elle empêche le déplacement dans le sens de la flèche du verrou *de* qui vient buter contre elle.

L'appareil placé en P (*fig.* 8) se compose (*fig.* 10) d'une vis sans fin V, qui actionne une roue à grand diamètre R, montée sur le même axe qu'une petite roue *r* qui actionne une grande roue R′, sur l'axe de laquelle est fixée une manivelle V′ dont l'extrémité opposée est évidée et reçoit un goujon K faisant saillie sur les tringles *a′*, *a*. Il résulte de là que le déplacement des tringles est très lent. Or, pour décaler le pont, il faut mettre les leviers des signaux à l'arrêt, puis manœuvrer l'appareil P de manière à dégager le verrou du pont *gh*, ce qui exige 75 tours de la manivelle, soit plus d'une minute. On est donc sûr qu'un train qui a dépassé les signaux avant leur mise à l'arrêt arrivera au pont avant que le verrou du calage soit mis en liberté. Pour recaler le pont, il faut faire la manœuvre inverse; mais par une combinaison ingénieuse, on peut ramener les tringles en arrière en quelques secondes en actionnant un levier sans agir sur la manivelle.

L'appareil Tilly (*fig.* 16 à 18, Pl. IV) consiste en une tige horizontale AB manœuvrée par le levier du signal et qui est percée d'un trou C dans lequel peut pénétrer un verrou vertical DE. Un verrou horizontal *ab* est manœuvré en même temps que le verrou de calage du pont avec lequel on peut le supposer confondu.

Sur son prolongement se trouve une tige *cd* qui porte un renflement *mn*. Le verrou ED est percé d'une ouverture *d′m* de même hauteur que le renflement *mn* qui peut s'y mouvoir horizontalement en donnant au verrou un mouvement de translation vertical. Sur les tiges *ab*, *cd*, on a ménagé deux demi-cercles *f*, *f′*, dans lesquels se logent les extrémités des leviers *p*, *q*, *p′q′*, mobiles autour des axes *o*, *o′*; et leurs extrémités *q*, *q′*, sont articulées avec deux tiges distinctes *ql*, *q′l′*, mais sur le prolongement l'une de l'autre.

Toutes ces tiges sont guidées. Enfin, un excentrique S, mobile autour de l'axe o'', pénètre dans un vide de la tige *ab* de manière à être entraîné dans le mouvement de cette pièce.

Dans la figure 16, le signal est supposé à l'arrêt et le pont calé.

Si on veut décaler le pont, il faut tirer le verrou dans le sens de la flèche, le renflement *mn* est alors déplacé dans le même sens par l'action des bielles *pq*, *p'q'*; le verrou DE est relevé et, en se plaçant dans l'encoche de AB, il cale le signal à l'arrêt. On a alors les dispositions de la figure 18.

Si on avait voulu ouvrir le signal, le pont étant calé, il aurait fallu faire mouvoir les tringles AB de droite à gauche, ce qui aurait été possible puisque le verrou DE était hors de l'encoche C et on aurait eu la disposition de la figure 17. Si à ce moment on voulait décaler le pont, on ne pourrait faire mouvoir le verrou *ab* dans le sens de la flèche, parce que ce verrou entraîne l'excentrique S, qui est maintenu immobile par le prolongement de AB, qui passe au-dessus de lui.

Dans l'appareil Majolini (*fig.* 19 et 20, Pl. IV), la transmission entre le levier du signal et le signal se fait à travers le pont tournant au moyen des pièces V, R, U, M, de la tige rigide ME, de la latte EB, de la tige rigide BF, et de la chaîne FF'. La latte EB est terminée par deux goujons que viennent saisir deux crochets, dirigés en sens contraire et qui terminent les tiges ME, BF, en F et en B.

On voit que, quand le pont tourne dans le sens de la flèche autour de son axe qui se trouve sur la perpendiculaire au milieu de BE, les crochets lâchent les goujons de la latte, et le signal, qui se met à l'arrêt sous l'action d'un contrepoids, se place de lui-même à la voie fermée.

Le calage du pont se fait au moyen d'un excentrique G (*fig.* 19), mobile autour de l'axe D qui porte aussi une ma-

nivelle T, articulée avec la tige A; celle-ci est articulée à son tour avec la manivelle N dont l'axe D' porte une autre manivelle L.

Cette dernière pénètre dans un vide I ménagé dans la latte BE, de sorte que le déplacement de l'excentrique G entraîne celui de la transmission du signal.

Quand le pont est décalé les diverses pièces prennent la disposition indiquée en pointillé, le verrou RV (*fig.* 20) pénètre alors dans les trous ménagés dans les flasques qui font partie des leviers *l*, *l*, de sorte que le verrou ne peut prendre la position pointillée que si les trous se présentent en face de lui, c'est-à-dire si les signaux sont à l'arrêt.

La transmission à travers le pont se faisant avec des pièces discontinues permet le passage des bateaux, les mâts levés, quand le pont est ouvert.

DISPOSITIONS SPÉCIALES DES TIGES DES APPAREILS SAXBY ET FARMER AU PASSAGE DES PONTS TOURNANTS.

La transmission de mouvements se fait dans les appareils Saxby au moyen de tringles rigides, munies de supports assez rapprochés et qui ne peuvent par suite être placées à une grande hauteur au-dessus du sol. Toutes les pièces sont solidement ajustées les unes au bout des autres. Il faut donc une disposition particulière pour faire franchir à ces transmissions de mouvement certains obstacles, comme, par exemple, les ponts tournants qui sont très nombreux en Belgique. La figure 15 (Pl. IV) représente un mécanisme qui a été expérimenté dans ce pays et qui résout très simplement le problème.

A A' est le tablier du pont, supposé coupé entre T et T'; BC, B'C' représentent la plate-forme de la voie de chaque côté du pont tournant. M_1, M_1', M_2, M_2' sont des supports fixes placés sur le côté de la voie; N_1, N_1', N_2, N_2' sont des supports semblables placés de même sur le pont tournant.

Les parallélogrammes articulés EFE_1F_1, GHG_1H_1, $G'H'G_1'H_1'$, $E'F'E_1'F_1'$ sont mobiles autour des axes *oooo*..... fixés sur les supports. Les contrepoids Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 sont invariablement fixés aux côtés EE_1, HH_1, $H'H_1'$, $E'E_1'$. Les côtés supérieurs EF, GH, H'G', F'E' sont prolongés à l'une de leurs extrémités de manière à être constamment en contact lorsque les côtés non horizontaux des parallélogrammes sont parallèles. Toutes ces tringles sont rigides. La barre $G_1'S'$ est le prolongement de G_1S qui est supposée coupée en S comme le pont tournant. Enfin E_1P est la tringle qui vient du poste, et $E_1'P'$ est le prolongement de la tringle qui se rend au signal de l'autre côté du pont.

Si l'on tire la tringle E_1P dans le sens indiqué par la flèche, on voit que la tringle $E_1'P'$ se déplacera dans le même sens et de la même longueur.

Si l'on ramène la tringle E_1P à la première position, tous les parallélogrammes entraînés par leur contrepoids reprendront leur première position. La transmission de mouvement est donc assurée malgré l'absence de toute liaison entre les tringles de la plate-forme de la voie et celles du pont tournant.

VOIES MÉTALLIQUES.

Les voies métalliques ont été essayées sur une assez grande échelle en Belgique. On a expérimenté la voie de Serres et Battig et surtout la voie Hilf. Rappelons brièvement en quoi consistent ces deux systèmes.

La voie de Serres et Battig (*fig.* 3, Pl. IV) se compose de longrines métalliques, formées de deux pièces symétriques qui saisissent l'âme d'un rail dissymétrique à un seul champignon et qui sont reliées de distance en distance par des traverses également métalliques. Toutes ces pièces peuvent être fabriquées en fer ou en acier.

La voie Hilf (*fig.* 1 et 2, Pl. IV) se compose de traverses

métalliques infléchies suivant leur longueur, de façon que les deux extrémités sont inclinées l'une vers l'autre. L'inclinaison est de 1/20 environ. Les longrines dont la section est la même que celles des traverses sont fixées au moyen de crapauds maintenus par des boulons. Les rails, système Vignole, reposent sur les longrines et sont fixés sur elles de la même manière.

On a posé sur les chemins de fer de l'État belge 236 000 mètres de voie Hilf et 1 970 mètres de voie de Serres et Battig.

M. l'Ingénieur en chef de Paepe évaluait, en 1879, à 23f,23, pose non comprise, le prix de revient du mètre courant de voie Hilf et à 19f,51 celui du mètre de voie Vignole dans les mêmes conditions.

Il estimait le coût de l'entretien par jour et par mètre courant à 0f,0061 pour la voie Hilf et à 0f,0026 pour la voie Vignole.

En tenant compte de la pose de la voie et de la fourniture du ballast, M. l'Ingénieur en chef directeur Dutilloeul évaluait à la même époque les dépenses des deux systèmes comme il suit :

		Voie Hilf.	Voie Vignole.
Matériel de la voie		20f,96	21f,00
Voie et ballast		7 ,52	7,47
		28,48	28,47
Prix mensuel d'entretien par mètre courant	maximum	0,450	0,054
	minimum	0,150	0,036

On admettait que la voie Hilf pouvait durer vingt ans.

Dans une note publiée par la *Revue générale des chemins de fer* (n° d'octobre 1883), d'après les renseignements fournis par M. Le Braet, Ingénieur des chemins de fer belges, la voie Hilf coûtait très cher d'entretien. On l'avait installé sur la ligne d'Arlon à Namur en un point où

la voie est en rampe de 13 millimètres ; il était très difficile d'assurer la sécurité du service et cependant, depuis qu'on a enlevé la voie Hilf pour la remplacer par la voie Vignole, il ne s'est plus déclaré ni dévers, ni déplacements, ni ondulations et l'entretien a été aussi bon et aussi peu coûteux sur ce point que sur les autres parties de la ligne.

M. Le Braet cite en particulier ce fait que, sur les pentes, les jeux des joints de la voie Hilf disparaissent assez vite, de sorte que les rails, pour se dilater, quand la température s'élève, doivent nécessairement se déjeter.

Les traverses se fèlent ou se cassent assez souvent.

En un mot, l'expérience a été très défavorable et on a complètement renoncé à ce système.

Pour la voie de Serres et Battig, la Commission centrale du Ministère des Travaux Publics de Belgique a déclaré, en 1880, que l'on avait reconnu 11 bris de rail sur 1 kilomètre de voie posée à titre d'essai. Les cassures s'étaient produites généralement à l'emplacement du trou de la goupille qui maintient le rail. La disposition du système ne permettant pas de reconnaître si le rail est fèlé en dessous de la goupille, la Commission a été d'avis qu'il n'y avait lieu d'étendre l'emploi de ces rails.

MOYEN DE RENDRE PLUS APPARENTS LES APPAREILS FAISANT SAILLIE SUR LA VOIE DANS LES GARES.

Les saillies de diverses pièces sur le sol, leviers des aiguilles, traverses surélevées, tringles de transmission, etc., donnent lieu à de fréquents accidents dans les gares.

Pendant la nuit ou en temps de brouillard ces appareils sont assez difficiles à apercevoir ; leur couleur se confond avec celle du sol ; les agents, préoccupés par les signaux à faire ou distraits par l'attention qu'ils apportent aux mouvements des trains, se blessent assez souvent en butant contre ces saillies.

Sur les chemins de fer de l'État belge, tous les objets placés à demeure sur la plate-forme et en saillie sont peints en blanc. On a soin de renouveler la peinture dès que la teinte commence à noircir; nous sommes persuadés que cette mesure doit présenter de grands avantages et empêcher bien des accidents.

GRAPHIQUES SPÉCIAUX.

L'administration des chemins de fer de l'État belge fait représenter la marche des trains sur des tableaux d'une disposition très ingénieuse, dont nous croyons devoir dire quelques mots à cause des facilités qu'ils donnent pour se rendre compte des correspondances de trains.

La figure 21 (Pl. IV) montre comment le tableau est fait. C'est une carte du pays où sont portées seulement les villes principales qui sont figurées par des polygones d'assez grandes dimensions et ayant autant de côtés que la ville qu'ils représentent a de voies ferrées de directions différentes; chaque côté correspond, par conséquent, à une direction à laquelle correspond également un côté du polygone de la ville principale la plus rapprochée située sur cette direction. On s'arrange de manière que les droites qui joignent les extrémités de ces deux côtés soient parallèles et, dans le trapèze ainsi formé, on inscrit les données principales de la marche des trains.

Prenons, par exemple, sur la figure, la ligne de Marloie à Liège; le trapèze est partagé en deux trapèzes de même hauteur réservés, l'un aux trains partant de Marloie, l'autre aux trains du sens contraire; une ligne parallèle à la base du trapèze est réservée à chaque train. Les noms des stations intermédiaires sont écrits en travers, le long d'une des bases du trapèze, et les distances de ces stations entre elles sont indiquées le long de la base opposée. Pour chaque train, on inscrit le numéro du train (1 392), puis



l'heure du départ de la station $9^h,36$, puis, vis-à-vis du nom de chaque gare, on indique par un o ou par un — si le train s'y arrête ou non. Enfin la dernière colonne donne l'heure d'arrivée à la gare dont le polygone ferme le trapèze par un de ses côtés. Ces inscriptions se font dans le sens de la marche du train; c'est pour cela que le trapèze est partagé en deux trapèzes de même hauteur.

Sur la figure, nous n'avons indiqué qu'un petit nombre de trains et nous avons supprimé tous les noms des stations intermédiaires, sauf entre Marloie et Liège et entre Namur et Ciney. Supposons un voyageur qui veut partir de Liège et se rendre à Namur en passant par Malines.

On trouve sur le tableau les correspondances suivantes :

GARE	NUMÉRO DU TRAIN.	ARRIVÉE.	DÉPART.
Liège..			7h.18 m.
	80		
Landen..		8h,11	8h,12 m.
	80		
Louvain.		8h,50	12h.14 s.
	376		
Malines.		12h,57	1h,10 s.
	308		
Bruxelles.		1h,53	4h,00 s.
	731		
Namur..		5h,30	

On doit reconnaître que l'établissement d'un pareil tableau est assez difficile; il faut de longs tâtonnements pour arriver à grouper, sur une feuille de dimensions restreintes, toutes les directions et tous les trains; mais ce travail a été fait pour l'un des réseaux les plus complexes de l'Europe, celui des chemins de fer de l'État belge. Il est donc certain que l'on pourrait faire un tableau semblable pour les autres réseaux. Le premier travail présente seul des difficultés; quand il est terminé, on n'a plus, aux changements de service, qu'à substituer de nouveaux chiffres

aux anciens, sans modifier en rien les dispositions générales du tableau.

CONCLUSIONS.

Les descriptions qui font l'objet de ce rapport montrent que si l'on ne trouve sur les chemins de fer belges rien d'absolument nouveau, on y rencontre, du moins, nombre d'appareils et de dispositions intéressants.

Il y aurait évidemment utilité, pour les Ingénieurs d'un pays à être au courant de tous les systèmes adoptés à l'étranger et même de tous les essais qui y sont tentés. Ils sauraient ainsi, à la fois, et ce qu'il est avantageux de faire et ce qu'il ne convient pas d'essayer, l'expérience ayant déjà été faite sans donner des résultats favorables.

Il est regrettable, par conséquent, de ne pas avoir, dans chaque pays, un centre de renseignements mis à la disposition de tous les Ingénieurs.

Les revues techniques donnent, il est vrai, des mémoires et des notes; mais, d'une part, aucun de ces recueils ne donne et ne peut donner des détails précis sur toutes les questions, et, d'un autre côté, les recherches pour y trouver un renseignement sont longues et difficiles.

En terminant cette étude très incomplète sur les chemins de fer belges, nous croyons devoir appeler l'attention de Monsieur le Ministre des Travaux Publics sur la lacune que nous venons de signaler et sur les avantages qu'offrirait la création, en France, d'un centre de renseignements pour tout ce qui concerne l'exploitation technique des chemins de fer.

ANALYSES

DES

EAUX MINÉRALES FRANÇAISES

EXÉCUTÉES

AU BUREAU D'ESSAI DE L'ÉCOLE DES MINES,

Par M. Ad. CARNOT, ingénieur en chef des mines,
Professeur à l'École des mines.

Nous avons publié dans les *Annales des mines*, en 1879, un extrait des travaux du Bureau d'essai de l'École des mines, relatif aux essais des *Combustibles minéraux*, et, dès lors, nous avons annoncé l'intention de puiser à la même source d'autres documents, dont la publication pourrait être utile, soit pour l'industrie minière ou métallurgique, soit pour la médecine ou l'hygiène, l'agriculture, etc.

Conformément à ce programme nous présentons aujourd'hui les résultats des analyses des *Eaux minérales françaises*.

Une partie de ces analyses a déjà figuré dans un recueil que nous avons fait paraître en 1878, à l'occasion de l'Exposition universelle de Paris ; mais, d'une part, en raison de circonstances particulières, ce recueil n'a pas dû parvenir entre les mains de toutes les personnes qu'il pouvait intéresser; d'autre part, durant les sept années qui se sont écoulées depuis, un assez grand nombre d'analyses nouvelles sont venues s'ajouter aux anciennes. Pour

ce double motif, la Commission des *Annales des mines* a jugé qu'il y avait lieu de réunir ici la série complète des analyses faites depuis la création du Bureau d'essai jusqu'au 31 décembre 1884, de manière à pouvoir, dans la suite, tenir cette publication au courant par des additions faites à des intervalles suffisamment rapprochés.

On nous permettra de faire précéder les tableaux d'analyses d'un court préambule historique et de quelques observations sur le mode de représentation des résultats d'analyses, qui a subi, avec le temps, un certain nombre de modifications successives.

Le Bureau d'essai pour l'analyse des substances minérales fut institué à l'École des mines à la fin de l'année 1845. Les analyses d'eaux minérales y furent assez rares pendant quelque temps. Elles se sont multipliées plus tard, et celles que nous publions aujourd'hui s'élèvent au nombre de 255. Nous avons eu soin, pour chacune d'elles, d'indiquer la date à laquelle elle a été effectuée, et, afin que l'on puisse rendre justice à tous les savants qui ont collaboré à ces analyses, nous allons faire connaitre, avec leurs noms, le temps pendant lequel ils ont exercé leurs fonctions au Bureau d'essai.

E. Rivot en a été le directeur depuis 1845 jusqu'en 1868; il a eu pour successeurs, d'abord *L. Moissenet*, de 1869 à 1876, et ensuite *A. Carnot*, depuis 1877.

Les chimistes du Bureau d'essai ont été pendant le même temps et dans l'ordre chronologique :

Is. Pierre (1846), *Chancel* (1847), *Daguin* (1848-1862), *Bouquet* (1852-1853), *Gorjeu* et *Droz* (1854-1855), *Demanet* (1856-1859), *Delvaux* (1856-1872), *Le Baigue* (1859), *Rigout* (1860-1864), enfin *Rioult* (1856-1884) et *Brunet* (1860-1884), ces deux derniers exerçant encore aujourd'hui leurs fonctions.

L'examen des eaux minérales, comme celui de tous les autres échantillons soumis au Bureau d'essai, a toujours lieu dans le laboratoire même de l'École des mines. Les résultats obtenus se rapportent donc à la composition des eaux transportées; ils peuvent, par conséquent, ne pas répondre toujours à la composition des eaux prises à la source même. Pendant la mise en bouteilles et le transport, il peut, en effet, se produire des pertes de gaz et des altérations plus ou moins importantes, sous l'influence de l'air, de la lumière, etc., en sorte que, souvent, la composition peut être modifiée d'une façon sensible entre la source et le laboratoire.

L'altération est surtout notable pour les eaux sulfureuses; aussi le Bureau d'essai n'accepte-t-il de semblables eaux qu'avec beaucoup de réserve et sur la demande expresse des médecins ou des propriétaires intéressés. Quant aux eaux alcalines et aux eaux ferrugineuses, elles sont aussi susceptibles d'altération, par suite de perte d'acide carbonique et de suroxydation à l'air; mais elles peuvent cependant, beaucoup mieux que les précédentes, être conservées intactes dans des bouteilles bouchées avec soin. Les eaux salines se maintiennent mieux encore et, pour elles, la composition trouvée au laboratoire ne doit pas différer sensiblement de celle qu'on observerait à la source.

L'évaporation à sec d'un litre d'eau, suivie d'un grillage à température très modérée, fournit un résidu, que, par abréviation, on appelle *résidu fixe*. Nous avons eu soin de le faire figurer dans presque toutes nos analyses. On remarquera qu'il ne doit jamais être égal à la somme des éléments dosés par litre; car il ne comprend, ni l'acide carbonique existant en dehors des carbonates neutres, ni les matières organiques, ni l'eau des sels formés par les hydracides avec les bases; certains sels

changent d'ailleurs de composition pendant l'évaporation à sec. Mais son poids doit différer très peu, en général, de la somme des poids des sels neutres, que l'on peut supposer formés par la combinaison des éléments dosés. Il fournit donc à toute analyse un contrôle sérieux d'exactitude, et, pour ce motif, nous pensons qu'il ne doit pas être négligé.

Jusqu'en 1855, le résidu fixe n'a pas été porté au tableau d'analyse par les chimistes du Bureau d'essai; mais cette lacune a été comblée pour toutes les analyses plus récentes.

On a cru devoir aussi, à dater de 1872, faire la distinction de l'acide carbonique combiné aux bases à l'état de bicarbonate et de l'acide carbonique en excès, distinction qui avait été négligée jusque-là et qui paraît utile pour faire apprécier du premier coup d'œil le véritable caractère des eaux gazeuses.

Enfin, jusqu'en 1878, on avait cru devoir se borner à faire connaître les proportions de chacun des acides et de chacune des bases, dont on avait effectué le dosage, sans chercher à les grouper sous forme de sels, comme on le fait en général pour les besoins de la thérapeutique.

Il est bien vrai que ces groupements sont en partie arbitraires et que les résultats directs, indépendants de toute hypothèse sur la manière dont les éléments sont combinés entre eux, sont seuls certains et indiscutables, dans l'état actuel de la science.

Néanmoins, à la demande de plusieurs médecins, qui se sont plaints à nous de ne pouvoir pas aisément interpréter nos analyses, en les comparant à celles qu'ils trouvaient dans d'autres recueils, nous avons pris le parti de présenter désormais, à côté des données immédiates de l'analyse, le tableau de la composition probable des

eaux, déterminée suivant les méthodes le plus ordinairement suivies. On trouvera, dans la deuxième partie de ce travail, la composition ainsi calculée des eaux qui ont été analysées sous notre direction depuis l'année 1878.

Tous les groupements ne sont d'ailleurs pas hypothétiques. Les recherches thermochimiques ont confirmé sur quelques points les opinions depuis longtemps accréditées; il y a tout lieu d'admettre, par exemple, que les bases les plus fortes (soude, potasse, lithine, chaux, magnésie,...) sont unies aux acides les plus énergiques (acide sulfurique, acide chlorhydrique...). Le surplus des bases fortes, aussi bien que l'oxyde de manganèse et le protoxyde de fer, doivent exister en général dans les eaux sous forme de bicarbonates ou bien en combinaison avec des acides organiques.

Quant aux autres questions que l'on peut soulever au sujet du groupement des résultats d'analyses, il faut convenir qu'elles laissent encore beaucoup de place à l'arbitraire; elles pourraient souvent être résolues de différentes façons avec une égale vraisemblance, si l'on ne croyait trouver, dans l'examen de chaque cas particulier, quelque motif spécial pour adopter une solution de préférence aux autres.

Nous terminerons en faisant observer que tous les éléments de nos analyses ont été calculés à l'état anhydre.

Il est bien entendu que ce n'est là, à nos yeux, qu'une simple convention; mais il serait désirable que cette convention fût également observée par les différents auteurs, afin que les résultats de leurs travaux fussent toujours facilement comparables.

PREMIÈRE SÉRIE.

RÉSULTATS DES ANALYSES

D'EAUX MINÉRALES

FAITES

AU BUREAU D'ESSAI

DE 1845 A 1884.

DÉPARTEMENT DE L'AIN.

ARRONDISSEMENT DE BELLEY.

Source de la Gadinière. (Canton de St-Rambert).

	gr.
Acide carbonique... { libre ... des bicarbonates ... }	0.3520
Acide chlorhydrique...	0.0150
Acide sulfurique...	1.2300
Silice ...	0.0100
Protoxyde de fer ...	» »
Chaux ...	0.8800
Magnésie ...	0.1300
Potasse ...	» »
Soude ...	0.0128
Matières organiques ...	» »
Total...	2.6298

Date de l'analyse . 28 mai 1857.

DÉPARTEMENT DE L'ALLIER.

ARRONDISSEMENT DE GANNAT (1-2).
ID. DE MOULINS (3).
ID. DE LA PALISSE (4-5-6).

	(1) Source d'Hauterive.	(2) Source de Brughéas.	(3) Source de Bourbon-l'Archambault	(4) Source de l'Argentière.	(5) Source Ste-Claire ou des Grands-Gravas.	(6) Source d'Abrest.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	5.1180	0.8640	1.0660	2.2100	3.2410	0.4080
CO^2 des bicarbonates						1.2408
Acide chlorhydrique	0.3440	0.0760	1.0780	0.3030	0.2500	0.0864
Acide sulfurique	0.1640	0.0140	0.3180	0.8740	0.7960	0.0481
Acide phosphorique	0.0250	0.0250	»	»	»	»
Silice	0.0710	0.0360	0.0850	0.0460	0.0350	0.0840
Protoxyde de fer	0.0070	0.0110	0.0100	0.0230	0.0200	0.0072
Chaux	0.1700	0.0880	0.1630	0.1730	0.2800	0.2268
Magnésie	0.1680	0.0480	0.0280	0.1880	0.2780	0.0144
Potasse	0.0980	0.0290	0.0220	»	»	0.0087
Soude	2.3680	0.4310	1.4990	1.3380	2.3000	0.6998
Matières organiques	»	»	»	»	»	0.0040
Total	8.5100	1.6220	4.2340	5.1500	7.1500	2.7782
Résidu fixe par litre	»	»	2.9420	4.6000	5.2200	1.7250

Dates des analyses : (1-2), 12 septembre 1853 ; — (3), 23 août 1860 ; — (4-5), 2 janvier 1857 ; — (6), 23 août 1888.

ARRONDISSEMENT DE LA PALISSE (*suite*).

Eaux minérales de Vichy.

	(1) Source de l'Hôpital.	(2) Source de la Grande-Grille.	(3) Source du Petit-Puits.	(4) Source des Acacias.	(5) Source des Brosjon.
	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.
CO^2 libre / des bicarbonates	3.7970	3.9250	4.1880	4.3610	4.6020
Acide chlorhydrique	0.3240	0.3840	0.3840	0.3240	0.3440
Acide sulfurique	0.1640	0.1640	0.1640	0.1640	0.1770
Acide phosphorique	0.0250	0.0750	0.0380	0.0880	0.0760
Acide arsenique	traces	traces	traces	traces	traces
Silice	0.0500	0.0500	0.0700	0.0500	0.0550
Protoxyde de fer	traces	traces	traces	traces	traces
Chaux	0.2250	0.1710	0.1680	0.2150	0.2420
Magnésie	0.0640	0.0870	0.1080	0.0880	0.0680
Potasse	0.2280	0.1820	0.1920	0.1460	0.1510
Soude	2.5000	2.4880	2.5360	2.5010	2.5090
Matières organiques	»	»	»	»	»
TOTAL	7.3770	7.4960	7.7980	7.8870	8.2150

Date des analyses (1-5) : 14 mai 1852.

Eaux minérales de Vichy (*suite*).

	(6) Source des Célestins.	(7) L'Enclos des Célestins.	(8) Nouvelle source des Célestins.	(9) Grand puits carré.	(10) Puits de Vaisse	(11) Puits Dub[illegible]
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	4.6540	5.3540	4.6470	3 9250	4.1730	0.350[illegible]
CO^2 des bicarbonates						2.31[illegible]
Acide chlorhydrique	0.3340	0.3340	0.3440	0.3340	0.3180	0.[illegible]39[illegible]
Acide sulfurique	0.1640	0.1770	0.1770	0.1640	0.1370	0.120[illegible]
Acide phosphorique	0.0500	0.0440	traces.	0.0150	0.0880	[illegible]
Acide arsénique	traces.	traces.	traces.	0.0014	traces.	0.000[illegible]
Silice	0.0600	0.0650	0.0650	0.0680	0.0410	0.0320
Protoxyde de fer	traces.	0.0100	0.0200	0.0010	traces.	0.0076
Chaux	0.1830	0.2790	0.2750	0.1660	0.2680	0.1204
Magnésie	0.1050	0.0760	0.1770	0.1070	0.1220	0.0146
Potasse	0.1630	0.2730	0.1200	0.1960	0.1150	0.0423
Soude	2.5600	2.4860	2.1240	2.4450	1.9120	1.6755
Lithine	»	»	»	»	»	traces.
Matières organiques	»	»	»	»	»	traces
Total	8.2730	9.0980	7.9490	7.4224	7.1540	4.835[illegible]
Résidu fixe par litre	»	»	»	»	»	3.2900

Dates des analyses : (6-7), 14 mai 1852 ;— (8-9-10), 18 septembre 1853 ; — (11). 30 septembre 1878.

ARRONDISSEMENT DE LA PALISSE (*suite*).

Eaux minérales de Cusset.

	(1) Source Ste-Marie.	(2) Source de l'Hôpital.	(3) Source des Dames.	(4) Source des Abattoirs.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique, libre / des bicarbonates	5.0040	5.0530	4.3240	5.2800
Acide chlorhydrique	0.2830	0.2930	0.2220	0.3240
Acide sulfurique	0.1920	0.1920	0.1410	0.1640
Acide arsénique	0.0014	0.0010	0.0014	0.0014
Silice	0.0250	0.0340	0.0320	0.0320
Protoxyde de fer	0.0240	0.0100	0.0110	0.0110
Chaux	0.2590	0.2770	0.2870	0.2850
Magnésie	0.0148	0.1470	0.1360	0.1700
Potasse	0.1330	0.1410	0.0980	0.1420
Soude	2.3440	2.3970	1.9570	2.5[illegible]10
Matières organiques	»	»	»	»
Total	8.4134	8.5350	7.1594	8.[illegible]504

Dates des analyses : (1 à 4), 18 septembre 1853.

Eaux minérales de Cusset (*suite*).

	(5) Source Mevaque.	(6) Source Ste-Yorre.	(7) Source des Longues-Vignes.	(8) Source Prunelle.
	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	4.0530	4.9030	4.4800	0.9458
CO^2 des bicarbonates				3.2228
Acide chlorhydrique	0.6980	0.3240	0.3240	0.3556
Acide sulfurique	0.1400	0 1530	0.0480	0.1476
Silice	0.0630	0.0520	0.0400	0.0420
Protoxyde de fer	0.0600	0.0130	0.0200	0.0120
Chaux	0.7460	0.2030	0.2000	0.1940
Magnésie	0.3010	0.1530	0.0800	0.0518
Potasse	0.1500	0.1210	0.0760	0.0673
Soude	1.2320	2.4090	2.3840	2.5505
Matières organiques	»	»	»	0.0320
Total	7.3890	8.3310	7.6520	7.9204
Rendu fixe par litre	»	»	4.6460	5.1200

Dates des analyses : (5-6), 18 septembre 1853 ;— (7), 28 mai 1872 ;— (8), 30 septembre 1874.

DÉPARTEMENT DES HAUTES-ALPES.

ARRONDISSEMENT DE GAP.

Eau sulfureuse de Bonne.

	gr.
Acide carbonique	0.1902
Acide chlorhydrique	0.2794
Acide sulfurique	0.0288
Acide sulfhydrique	0.0102
Silice	0.0382
Protoxyde de fer	0.0038
Chaux	0.0952
Magnésie	0.0188
Potasse	traces
Soude	0.2968
Lithine	traces faibles
Matières organiques	0.0140
Total	0.9744
Résidu fixe par litre	0.8050

Date de l'analyse : 30 septembre 1877.

DÉPARTEMENT DES ALPES-MARITIMES.

ARRONDISSEMENT DE NICE.

Eau sulfureuse de Breil

	gr.
Acide carbonique	0.3655
Acide chlorhydrique	[illegible]
Acide sulfurique	0.0228
Acide sulfhydrique	[illegible]
Silice	0.0210
Protoxyde de fer	0.0045
Chaux	0.3704
Magnésie	0.0480
Potasse	traces
Soude	0.1749
Matières organiques	0.0120
Total	1.6595
Résidu fixe par litre	1.3300

Date de l'analyse : 23 août 1863.

DÉPARTEMENT DE L'ARDÈCHE.

ARRONDISSEMENT DE LARGENTIÈRE.

Eaux minérales de Neyrac-les-Bains.

	(1) Source du Lépreux.	(2) Source Jaune.	(3) Source des Bains.	(4) Source de la Bienfaisante
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	1.5230	2.1810	2.6920	1.3500
Acide carbonique des bicarbonates				1.6028
Acide chlorhydrique	0.0200	0.0410	0.0500	0.0355
Acide sulfurique	0.0070	0.0022	0.0350	0.0241
Acide arsenique	traces	traces	traces	traces
Silice	0.0550	0.1100	0.1420	0.0650
Protoxyde de fer	0.0050	0.0180	0.0200	0.0064
Chaux	0.2570	0.3150	0.3670	0.3374
Magnésie	0.0380	0.0820	0.1190	0.1537
Potasse	0.0210	0.0290	0.0450	0.0692
Soude	0.0840	0.2800	0.4190	0.5491
Lithine	» »	» »	» »	traces sensibles
Matières organiques	» »	» »	» »	traces
Total	2.0100	3.0780	3.8890	4.1932
Résidu fixe par litre	» »	» »	» »	2.0300

Dates des analyses : (1 à 3), 27 août 1854 ;— (4) 31 janvier 1879.

ARRONDISSEMENT DE PRIVAS.

Eaux minérales de Vals, (canton d'Aubenas).

	(1)	(2) Nouvelle source.	(3) Source française.	(4) Source Sophie
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	1.9000	0.7870	1.2921	1.4140
Acide carbonique des bicarbonates		3.0540	1.4620	2.2510
Acide chlorhydrique	0.0350	0.0910	0.0381	0.0482
Acide sulfurique	0.0240	0.0420	0.0223	0.0241
Silice	0.0550	0.0800	0.0250	0.0230
Protoxyde de fer	0.0100	0.0150	0.0075	0.0090
Chaux	0.0100	0.0950	0.0550	0.0420
Magnésie	0.0210	0.0540	0.0329	0.0274
Potasse	0.0230	0.1150	0.0423	0.0519
Soude	0.2800	1.8860	0.9342	1.5182
Lithine	»	»	traces	traces sensibles
Matières organiques	»	»	0.0070	0.0080
Total	2.3580	6.2190	3.9184	5.4168
Résidu fixe par litre	0.6000	3.8200	1.8900	2.8600

Dates des analyses (1-2), 30 octobre 1867 ;— (3-4), 30 juillet 1874.

ARRONDISSEMENT DE PRIVAS (*suite*).

Eaux minérales de Vals (*suite*).

	(5) Source Augustine.	(6) Sondage N° 2.	(7) Source Emilie ou Célestine
	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	1.0779	0.5428	2.6632
Acide carbonique des bicarbonates	3.3018	3.7332	3.2768
Acide chlorhydrique	0.0837	0.0925	0.0686
Acide sulfurique	0.0362	0.0308	0.0254
Silice	0.0400	0.0450	0.1140
Protoxyde de fer	0.0120	0.0080	0.0063
Chaux	0.0640	0.0520	0.2380
Magnésie	0.0439	0.0408	0.1622
Potasse	0.1057	0.1154	0.0867
Soude	2.2115	2.5262	1.7857
Lithine	traces sensibles	traces sensibles	0.0113
Matières organiques	0.0090	0.0070	0.0034
Total	6.9857	7.1832	8.4416
Résidu fixe par litre	4.2300	4.7600	4.1200

Dates des analyses : (5-6), 30 juillet 1874 ;— (7), 30 décembre 1882.

Eau minérale de Saint-Fortunat, (canton de le Voulte).

	Source André.
	gr.
Acide carbonique .. libre	0.2432
Acide carbonique .. des bicarbonates	1.0988
Acide chlorhydrique	0.0335
Acide sulfurique	0.0178
Acide arsenique	traces faibles
Silice	0.0340
Protoxyde de fer	0.0030
Chaux	0.0683
Magnésie	0.0172
Potasse	0.0067
Soude	0.7025
Lithine	0.0022
Matières organiques	0.0015
Total	2.2227
Résidu fixe par litre	1.4250

Dates de l'analyse : 21 septembre 1882.

DÉPARTEMENT DE L'ARIÈGE.

ARRONDISSEMENT DE FOIX

Eaux sulfureuses de Merens (1 à 3).

	(1) Source des bains.	(2) Source de la Chalaneille.	(3) Source de Saillens.	(4) Source de Lavelanet.
	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	»	0.0051	0.0142	0.0784
CO^2 des bicarbonates	0.1084	0.1044	0.0740	
Acide chlorhydrique	0.0167	0.0174	0.0073	0.0223
Acide sulfurique	0.0164	0.0155	0.0137	0.0185
Acide sulfhydrique	0.0081	0.0094	0.0035	»
Acide arsénique	»	»	»	»
Silice	0.0862	0.0885	0.0623	0.0145
Protoxyde de fer	0.0012	0.0014	0.0011	0.0082
Chaux	0.0392	0.0261	0.0186	0.0423
Magnésie	0.0021	0.0019	0.0018	0.0106
Potasse	0.0013	0.0015	0.0006	traces.
Soude	0.0806	0.0841	0.0515	0.0856
Matières organiques	0.0028	0.0029	0.0032	0.0035
Total	0.3530	0.3582	0.2513	0.2239
Résidu fixe par litre	0.2900	0.2930	0.1960	0.1760

Dates des analyses : (1 à 3), 30 avril 1881 ; — (4), 31 janvier 1879.

DÉPARTEMENT DE L'AUDE.

ARRONDISSEMENT DE LIMOUX.

Eaux minérales de Ginoles (1-2).— Eaux thermales d'Alet (3 à 5)

	(1) Source des bains.	(2) Source pour boisson.	(3) Source Thermale.	(4) Source Ferrugineuse.	(5) Source de la Commune
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	0.0750	0.0450	0.0590	0.0150	0.1522
CO^2 des bicarbonates	0.1154	0.0660			0.1646
Acide chlorhydrique	traces.	traces.	0.0310	traces.	0.0114
Acide sulfurique	0.2222	0.2283	0.0200	0.0200	0.0116
Acide phosphorique	»	»	0.0820	0.0500	»
Silice	»	»	»	»	0.0230
Protoxyde de fer	»	»	0.0110	0.0250	0.0022
Chaux	0.2043	0.0940	0.1010	0.0450	0.0877
Magnésie	0.0600	0.1012	0.0260	0.0200	0.0169
Potasse	»	»	traces.	traces.	traces.
Soude	0.0131	0.0090	0.0710	0.0250	0.0097
Matières organiques	»	»	»	»	0.0024
Total	0.6900	0.5435	0.4010	0.2000	0.4817
Résidu fixe par litre	»	»	»	»	0.2430

Dates des analyses : (1-2), 4 juillet 1846 — (3-4), 12 septembre 1850 — (5), 29 août 1884.

DÉPARTEMENT DE L'AVEYRON.

ARRONDISSEMENT DE ST-AFFRIQUE.

Eaux minérales d'Andabre, (canton de Camarès).

	(1)	(2) Nouvelle source.	(3) Source Fonclase.	(4) Source Prugne-Camarès.
	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	2.7090	0.1250	0.1336	1.5195
CO^2 des bicarbonates		0.3530	0.3846	1.4070
Acide chlorhydrique	0.1030	2.3052	0.1524	0.0381
Acide sulfurique	0.4463	0.6025	0.0360	0.0209
Silice	0.0150	0.0350	0.0240	0.0295
Protoxyde de fer	»	0.0070	0.0073	0.0086
Chaux	0.2750	0.1430	0.1510	0.2810
Magnésie	0.0787	0.0549	0.0402	0.0915
Potasse	traces	traces	traces	0.0096
Soude	1.2096	2.4247	0.1940	0.5775
Lithine	traces	traces	taaces	traces
Matières organiques	»	0.0320	0.0072	0.0084
Total	4.8366	6.0873	1.1303	3.9936
Résidu fixe par litre	3.2200	5.2400	0.7540	1.7450

Dates des analyses : (1), 28 février 1858 ; — (2), 31 juillet 1874, — (3), 31 juillet 1876 -- (4), 30 septembre 1876.

ARRONDISSEMENT DE ST-AFFRIQUE (*suite*), (1 à 4).

Eaux minérales de Sylvanès (canton de Camarès).

ARRONDISSEMENT D'ESPALION (5). (Canton de Mur de Barrez).

	(1) Source des Moines.	(2) Source des Petites-Baignoires.	(3) Source des Petites-Eaux.	(4) Source des Bains nouveaux.	(5) Source de Brommat.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	0.4810	0.4600	0.5040	0.4900	5.7351
CO^2 des bicarbonates					0.4958
Acide chlorhydrique	0.1644	0.1644	0.1644	0.1644	0.0152
Acide sulfurique	0.0600	0.0610	0.0215	0.0225	0.0137
Silice	0.0275	0.0350	0.0400	0.0400	0.0052
Protoxyde de fer	0.0300	0.0750	0.0200	0.0200	0.0125
Chaux	0.1410	0.1525	0.1550	0.1550	0.1520
Magnésie	0.0080	0.0050	0.0475	0.0275	0.0512
Potasse	»	»	»	»	0.0211
Soude	0.1625	0.1720	0.1920	0.2105	0.1034
Matières organiques	»	»	»	»	0.0055
Total	1.0734	1.1249	1.1454	1.1299	1.6107
Résidu fixe par litre	0.6400	0.6650	0.6950	0.6850	0.6220

Dates des analyses : (1 à 4), 4 août 1858 — (5), 28 février 1873.

ARRONDISSEMENT DE VILLEFRANCHE.

Eaux sulfatées acides de Cransac (canton d'Aubin).

	(1) Source Basse douce Richard.	(2) Source Haute forte Richard.	(3) Source du hameau de Freysse.	(4) Source Bezelgues	(5) Source Basse à laver.	(6) Source Forte à laver.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide chlorhydrique	0.0300	0.0300	0.0200	0.0300	0.0300	0.0300
Acide sulfurique (libre et combiné)	3.1000	2.2000	0.9200	1.1400	2.3300	1.7100
Silice	0.1800	0.1600	0.1600	0.0900	0.0500	0.0700
Protoxyde de fer	0.4600	0.1400	0.1400	0.0350	0.1400	0.0500
Protoxyde de manganèse	0.3600	0.0100	0.0500	0.0450	0.1600	0.0400
Chaux	0.9100	0.7200	0.4200	0.3050	0.6300	0.4500
Magnésie	0.2600	0.0500	0.0200	0.0500	0.2000	0.2000
Potasse	»	»	»	»	»	»
Soude	0.1000	0.0300	0.0140	0.2300	0.4400	0.4100
Matières organiques	»	»	»	»	»	»
Total	5.4000	2.3400	1.6990	1.9250	3.9800	2.9600

Dates des analyses : (1-2-3), 26 avril 1849 ; (4-5-6), 25 décembre 1849.

DÉPARTEMENT DU CANTAL.

ARRONDISSEMENT D'AURILLAC (1).
ID. DE MAURIAC (2).
ID. DE MURAT (3).
ID. DE SAINT-FLOUR (4).

	(1) Source de Marcoles	(2) Source de Saignes.	(3) Source de Foullioux (Canton de Murat).	(4) Source Ste-Marie. (Canton de Pierrefort).
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique. libre	0.0288	1.7760	1.2731	1.7009
Acide carbonique. des bicarbonates		1.9596	1.2960	0.4214
Acide chlorhydrique	0.0043	4.3100	0.0381	0.0305
Acide sulfurique	0.0042	5.7220	0.0798	0.0120
Silice	0.0036	0.0650	0.0230	0.0110
Protoxyde de fer	0.0105	0.0068	0.0050	0.0070
Chaux	0.0128	0.3214	0.0820	0.0780
Magnésie	0.0024	0.4805	0.1464	0.0439
Potasse	traces.	0.3890	0.0481	0.0102
Soude	0.0055	8.7594	0.6540	0.1653
Lithine	»	»	traces.	traces sensibles.
Matières organiques	0.0095	traces.	0.0130	0.0080
Total	0.0811	23.7942	3.6585	2.4904
Résidu fixe par litre	0.0610	20.9280	1.7300	0.5700

Dates des analyses : (1), 31 juillet 1877 ;— (2) 27 janvier 1881 ;— (3), 30 septembre 1874 ;— (4), 30 novembre 1875.

DÉPARTEMENT DE LA CORRÈZE

ARRONDISSEMENT DE BRIVE.

Eau sulfureuse des Saulières, à Donzenac.

	gr.
Acide carbonique.. libre / des bicarbonates	0.0402
Acide chlorhydrique	0.0096
Acide sulfurique	0.0274
Acide sulfhydrique	0.0068
Silice	0.0184
Protoxyde de fer	0.0065
Chaux	0.0224
Magnésie	0.0125
Potasse	0.0027
Soude	0.0281
Matières organiques	0.0085
Total	0.1826
Résidu fixe par litre	0.1540

Date de l'analyse : 30 octobre 1877.

DÉPARTEMENT DE LA CORSE.

ARRONDISSEMENT DE CORTE.

	(1) Vallée d'Orezza. Eau de Caldane.	(2) Commune de Solaro. Source André, à Migliaciaro.	(3) Vallée d'Alesani. Eau de Pardina.	(4) Eau d'Ornaso.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique. libre	1.6658	0.3920	1.5061	0.2443
Acide carbonique. des bicarbonates	0.6132	1.5382	0.2354	1.1908
Acide chlorydrique	0.0305	4.0804	0.0076	0.1623
Acide sulfurique	0.0188	0.0096	0.0068	traces.
Silice	0.0260	0.0550	0.0030	0.0235
Protoxyde de fer	0.0069	0.0063	0.0090	0.0082
Chaux	0.3949	0.7687	0.1350	0.5040
Magnésie	0.0366	0.1657	0.0146	0.0437
Potasse	traces.	0.1156	traces.	0.0038
Soude	0.0388	3.3929	0.0064	0.3510
Matières organiques	traces.	0.0030	0.0080	0.0062
Total	2.8315	10.5074	1.9329	2.5378
Résidu fixe par litre	0.8847	8.3400	0.3100	1.6520

Dates des analyses : (1), 31 juillet 1878 ;— (2), 19 août 1884 ; — (3), 15 septembre 1873 ; — (4), 10 décembre 1877.

DÉPARTEMENT DE LA COTE-D'OR.

ARRONDISSEMENT DE BEAUNE.

Eau minérale de Santenay, canton de Nolay.

	gr.
Acide carbonique.. libre	0.1286
Acide carbonique.. des bicarbonates	0.2014
Acide chlorhydrique	3.4417
Acide sulfurique	1.8538
Silice	0.0345
Protoxyde de fer	0.0067
Chaux	0.4648
Magnésie	0.0576
Potasse	0.1233
Soude	3.7310
Lithine	0.0326
Matières organiques	traces.
Total	10.0760
Résidu fixe par litre	8.9800

Date de l'analyse : 31 juillet 1880.

DÉPARTEMENT DE LA CREUSE.

ARRONDISSEMENT D'AUBUSSON.

Eaux minérales d'Evaux-les-Bains.

	(1) Source du grand Bassin Carré.	(2) Puits des Rochers.	(3) Puits de César.	(4) Puits des Jeunes Filles.	(5) Source Ste-Marie.	(6) Puits du Bain de vapeur
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre / des bicarbonates	0.2040	0.2204	0.2242	0.2306	0.2176	0.2108
Acide chlorhydrique	0.1504	0.1403	0.1449	0.1486	0.1474	0.1412
Acide sulfurique	0.4720	0.4715	0.4685	0.4669	0.4602	0.4703
Silice	0.0790	0.0770	0.0740	0.0705	0.0774	0.0715
Protoxyde de fer	0.0029	0.0025	0.0020	0.0023	0.0027	0.0018
Chaux	0.0402	0.0393	0.0381	0.0367	0.0408	0.0327
Magnésie	0.0156	0.0168	0.0148	0.0140	0.0160	0.0142
Potasse	0.0126	0.0110	0.0117	0.0119	0.0121	0.0114
Soude	0.6074	0.6018	0.6041	0.6158	0.5960	0.6027
Lithine	traces sensibles	traces sensibles	traces sensibles	traces	traces sensibles	traces
Matières organiques	0.0045	traces	0.0042	0.0020	0.0025	0.0040
Total	1.5886	1.5806	1.5815	1.5988	1.5727	1.5606
Résidu fixe par litre	1.4400	1.4850	1.4800	1.4420	1.4210	1.4260

Date des analyses : 21 décembre 1877.

DÉPARTEMENT DE LA DROME.

ARRONDISSEMENT DE NYONS.

Eau sulfureuse de Montbrun, (canton de Séderon).

	Source des Rochers.	Source des Platrières.
	gr.	gr.
Acide carbonique libre / des bicarbonates	0.2561	0.3082
Acide chlorhydrique	0.0305	0.0228
Acide sulfurique	1.3377	1.1799
Acide sulfhydrique	traces	traces
Silice	0 0250	0.0300
Protoxyde de fer	0.0085	0.0072
Chaux	0.8820	0.8700
Magnésie	0.1391	0.0658
Potasse	traces	traces
Soude	0.0690	0.0510
Matières organiques	0.0130	0.0150
Total	2.7109	2.5499
Résidu fixe par litre	2.5200	2.3800

Date des analyses : 6 mai 1874.

DÉPARTEMENT DU GARD.

ARRONDISSEMENT D'ALAIS.

Eau sulfureuse de St-Martin-de-Valgalgues.

	gr.
Acide carbonique... { libre / des bicarbonates	0.2145
Acide chlorhydrique	0.0152
Acide sulfurique	0.0308
Acide sulfhydrique	0.0041
Silice	0.0120
Protoxyde de fer	0.0047
Chaux	0.0870
Magnésie	0.0183
Potasse	0.0096
Soude	0.0158
Lithine	traces faibles
Matières organiques	0.0150
Total	0.4270
Résidu fixe par litre	0.2740

Date de l'analyse : 30 janvier 1875.

DÉPARTEMENT DE L'HÉRAULT.

ARRONDISSEMENT DE BÉZIERS.

Eaux minérales de La Malou.

	LA MALOU LE CENTRE.	LA MALOU LE HAUT.		
	(1) Source Bourges.	(2) Source Chaude.	(3) Source tempérée.	(4) Source du Petit-Vichy.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique. libre	0.2170	0.0920	0.1720	0.3300
Acide carbonique. des bicarbonates	0.8380	0.8160	0.7360	0.7940
Acide chlorhydrique	0.0180	0.0175	0.0252	0.0111
Acide sulfurique	0.0220	0.0275	0.0275	0.0257
Silice	0.0300	0.0400	0.0400	0.0550
Protoxyde de fer	0.0100	0.0200	0.0175	0.0100
Chaux	0.2300	0.2200	0.2200	0.2300
Magnésie	0.0366	0.0713	0.0673	0.0562
Potasse	0.0403	0.1171	0.0882	0.1070
Soude	0.1818	0.1766	0.1446	0.3533
Matières organiques	traces.	traces.	traces.	traces.
Total	1.6237	1.5980	1.5383	1.9713
Résidu par litre	0.7700	0.8325	0.8125	0.8400

Date des analyses : 30 mars 1868.

Eaux minérales de La Malou (*suite*).

	LA MALOU L'ANCIEN.			LA MALOU le centre
	(5) Ancienne source.	(6) Nouvelle source.	(7) Source Capus.	(8) Source Villecelle.
	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre..........	0.2220	0.2766	0.0846	
CO^2 des bicarbonates	1.0480	0.9102	0.3124	0,0580
Acide chlorhydrique....	0.0185	0.0252	0.0175	0,0065
Acide sulfurique.......	0.0498	0.0223	0.0550	0,0096
Silice................	0.0550	0.0650	0.0200	0.0200
Protoxyde de fer.......	0.0185	0.0200	0.0250	0.0076
Chaux................	0.3250	0.2750	0.0900	0,0347
Magnésie.............	0.0933	0.0842	0.0256	0.0022
Potasse...............	0.1302	0.1321	0.0771	traces.
Soude................	0.2835	0.4207	0.0173	0,0084
Matières organiques....	traces.	traces.	traces.	0.0020
Total....	2.2428	2.2313	0.7245	0.1488
Résidu fixe par litre...	1.3000	1.2770	0.3200	0.1120

Dates des analyses : (5 à 7) 30 mars 1868 ; — (8) 29 Août 1884.

ARRONDISSEMENT DE MONTPELLIER.

Eaux chlorurées de Balaruc (canton de Frontignan).

	(1) Source ancienne.	(2) Puits communal.	(3) Puits du Luxembourg	(4) Puits du Parc.	(5) Etang de Thau.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre..........	0.1870	0.1370	0.1850	0.4910	traces.
CO^2 des bicarbonates	0.3460	0.2760	0.3490	0.3530	0.1030
Acide chlorhydrique....	4.7760	4.7570	4.8410	5.4050	21,3430
Acide sulfurique.......	0.6090	0.5930	0.6200	0.7290	2,4580
Silice................	0.0190	0.0170	0.0210	0.0100	0,0020
Protoxyde de fer.......	0.0060	0.0040	traces.	0.0050	1,1150
Chaux................	0.7050	0.7190	0.7410	0.9820	0.4210
Magnésie.............	0.3800	0.3370	0.4270	0.5220	2,1970
Potasse...............	0.1060	0.1350	0.1160	0.1760	0,4830
Soude................	3.4480	3.6030	3.6940	4.0790	14,7760
Matières organiques....	»	»	»	»	»
Total.........	10.5320	10.5780	10.9640	12.7520	42,8980
Résidu fixe par litre....	9.1730	9.2300	9.4180	10.4780	38,9680

Date des analyses : 15 novembre 1871.

ARRONDISSEMENT DE MONTPELLIER (*suite*)

	EAUX CHLORURÉES DE BALARUC (puits communal)		(8)	(9)
	(6) naissant I.	(7) naissant II.	Eau chlorurée de Cette.	Eau minérale de Palavas,
	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	0.4930	0.3430	0.3842	1.7564
CO^2 des bicarbonates				1.3682
Acide chlorhydrique	4.6740	4.8430	4.2350	0.0863
Acide sulfurique	0.5740	0.5450	0.5492	0.0308
Silice	traces	traces	0.0520	0.0230
Protoxyde de fer	traces	traces	0.0035	0.0613
Chaux	0.9800	0.6720	0.6230	0.7840
Magnésie	0.1960	0.3220	0.3844	0.0439
Potasse	0.1040	0.0980	0.1153	0.0192
Soude	2.9810	3.8060	2.9516	0.0604
Matières organiques	»	»	0.0230	0.0220
Total	10.0020	10.6290	9.3212	4.2545
Résidu fixe par litre	8.8560	9.2360	8.0850	1.7900

Dates des analyses : (6, 7) 15 novembre 1871 ; — (8) 22 juillet 1873 ; — (9) 30 juin 1875.

ARRONDISSEMENT DE SAINT-PONS.

	(1) Eau ferrugineuse de Cambios.	(2) Eau sulfatée magnésienne de Cruzy, canton de St-Chinian.
	gr.	
Acide carbonique. libre	0.1014	0.0550
Acide carbonique. des bicarbonates	0.0874	
Acide chlorhydrique	0.0076	2.8666
Acide sulfurique	0.0034	62.2733
Silice	0.0048	0.0730
Protoxide de fer	0.0208	0.0036
Chaux	0.0368	0.0323
Magnésie	0.0037	29.3622
Potasse	traces	0.0407
Soude	0.0087	6.1285
Matières organiques	0.0245	0.0125
Total	0.2991	101.8477
Résidu fixe par litre	0.1420	101.2300

Dates des analyses : (1), 16 février 1880 ; — (2), 8 août 1883.

DÉPARTEMENT DE L'ISÈRE.

ARRONDISSEMENT DE GRENOBLE.

Eaux minérales de Lamothe-les-Bains.

	(1) Source du Puits.	(2) Source de la Dame.
	gr.	gr.
Acide carbonique { libre / des bicarbonates	0.2280	0.2060
Acide chlorhydrique	1.0520	1.5150
Acide sulfurique	0.7680	1.0600
Silice	»	»
Protoxyde de fer	traces	1.0000
Chaux	0.6150	1.0600
Magnésie	0.1030	0.1490
Potasse	absence	absence
Soude	3.4320	4.5350
Matières organiques	»	»
Total	6.1980	8.6250

Date des analyses : 26 avril 1855.

DÉPARTEMENT DU JURA.

ARRONDISSEMENT DE DÔLE (1).
ID. DE POLIGNY (2).

	(1) Source de la Muire commune de Jouhe.	(2) Source du Mont-Rolland, à la Joux, commune de Supt.
	gr.	gr.
Acide carbonique { libre	0.3420	0.0642
Acide carbonique { des bicarbonates		0.4198
Acide chlorhydrique	0.8450	0.9758
Acide sulfurique	0.3260	0.4452
Silice	0.0250	0.0325
Protoxyde de fer	traces	0.0054
Chaux	0.3400	0.4172
Magnésie	traces	0.1128
Potasse	»	0.0173
Soude	1.0050	0.8169
Lithine	»	traces sensibles.
Matières organiques	»	0.0030
Total	2.8830	3.3096
Résidu fixe par litre	2.6650	2.7900

Dates des analyses : (1), 16 août 1865 ; — (2), 21 février 1880

DÉPARTEMENT DE LA LOIRE.

ARRONDISSEMENT DE ROANNE.

Eaux minérales de Sail-les-Bains (canton de la Pacaudière).

	(1) Source des Romains.	(2) Source du Hamel.	(3) Source d'Urfé.	(4) Source Persigny.	(5) Source dite sulfureuse	(6) Source Bellety.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	0.0224	0.0230	0.0228	0.0218	0.0255	0.0122
CO^2 des bicarbonates	0.1840	0.1880	0.1896	0.1858	0.1904	0.0674
Acide chlorhydrique	0.0295	0.0298	0.0287	0.0283	0.0306	0.0020
Acide sulfurique	0.0144	0.0155	0.0162	0.0151	0.0158	0.0061
Silice	0.0280	0.0290	0.0320	0.0300	0.0310	0.0130
Protoxyde de fer	0.0011	0.0013	0.0017	0.0011	0.0012	traces
Chaux	0.0182	0.0197	0.0188	0.0178	0.0193	0.0160
Magnésie	0.0012	0.0015	0.0013	0.0011	0.0014	0.0008
Potasse	0.0021	0.0019	0.0017	0.0019	0.0023	traces
Soude	0.1415	0.1434	0.1449	0.1433	0.1464	0.0349
Matières organiques	traces	traces	traces	traces	traces	traces
Total	0.4424	0.4531	0.4577	0.4457	0.4639	0.1524
Résidu fixe par litre	0.3200	0.3280	0.3320	0.3240	0.3350	0.1050

Date des analyses : 1er avril 1882.

ARRONDISSEMENT DE SAINT-ÉTIENNE.

Eaux ferrugineuses de Virieu-sur-Pélussin.

	(1) Source de gauche.	(2) Source de droite.
	gr.	gr.
Acide carbonique libre / des bicarbonates	0.1034	0.0734
Acide chlorhydrique	0.0038	0.0035
Acide sulfurique	0.0085	0.0103
Silice	0.0075	0.0080
Protoxyde de fer	0.0190	0.0070
Chaux	0.0370	0.0320
Magnésie	0.0092	0.0078
Potasse	"	"
Soude	0.0034	0.0032
Matières organiques	0.0120	0.0090
Total	0.2038	0.1537
Résidu fixe par litre	0.1470	0.1120

Date des analyses. (1-2), 30 juillet 1874.

DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-LOIRE.

ARRONDISSEMENT DE BRIOUDE.

Canton d'Auzon.

	(1) Source de St-Géron.	(2) Source de Lempdes.	(3) Source Marnac à Lempdes	(4) Source le Scay à Vézezoux.	(5) Source du Condest du sel à Beaumont
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	0.8084	0.5224	0.1478	1.7655	0.6822
CO^2 des bicarbonates	1.2156	0.0596	0.1228	1.2036	2.5650
Acide chlorhydrique	0.0508	0.0071	0.0095	0.0330	0.5537
Acide sulfurique	0.0223	0.0228	0.0326	0.0384	0.2265
Silice	0.0562	0.0138	0.0115	0.0400	0.0420
Protoxyde de fer	0.0058	0.0026	0.0032	0.0017	0.0061
Chaux	0.2251	0.0325	0.0784	0.1022	0.1194
Magnésie	0.1537	0.0091	0.0144	0.0270	0.0288
Potasse	0.0269	traces	traces	0.0077	0.0655
Soude	0.4067	0.0130	0.0083	0.7439	2.2279
Lithine	traces faibles	»	»	traces	traces
Matières organiques	0.0030	0.0040	0.0030	traces	traces
Total	2.9745	0.6864	0.4315	3.9630	6.5171
Résidu fixe par litre	1.5400	0.1240	0.2180	1.5920	4.4130

Dates des analyses : (1-2-3), 28 février et 18 juin 1880 ; — (4-5), 8 août 1881.

ARRONDISSEMENT DE BRIOUDE (*suite*).

	(1) Source d'Azérat, canton d'Auzon.	EAUX FERRUGINEUSES DE LA SOUCHÈRE, Commune de Félines. (2) Source ancienne.	(3) Source Séraphin.	(4) Source Ligonie.
	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	2.0592	1.9510	1.3876	1.8700
CO^2 des bicarbonates	1.2408	0.0510	0.0424	0.1100
Acide chlorhydrique	0.0178	0.0051	0.0030	0.0046
Acide sulfurique	0.0326	0.0079	0.0037	0.0062
Acide arsenique	0.0017	»	»	»
Silice	0.0370	0.0120	0.0100	0.0160
Protoxyde de fer	0.0142	0.0203	0.0178	0.0192
Chaux	0.1528	0.0172	0.0124	0.0470
Magnésie	0.1225	0.0036	0.0025	0.0090
Potasse	traces	traces	traces	traces
Soude	0.5442	0.0043	0.0026	0.0039
Lithine	traces	»	»	»
Matières organiques	0.0013	0.0025	0.0022	0.0020
Total	4.2841	2.0749	1.4842	2.0879
Résidu fixe par litre	1.5300	0.0880	0.0650	0.1530

Dates des analyses : (1), 27 septembre 1882 ; — (2-3-4), 1er septembre 1883.

ARRONDISSEMENT DU PUY.

	(1) Source des Extreys.	(2) Source de Montbel, à St-Paul de Tartas.
	gr.	gr.
Acide carbonique … libre	1.4456	1.1680
Acide carbonique … des bicarbonates		0.5340
Acide chlorhydrique	0.5614	0.0071
Acide sulfurique	0.0515	0.0075
Silice	0.0500	0.0780
Protoxyde de fer	0.0200	0.0054
Chaux	0.2075	0.0460
Magnésie	0.1006	0.0576
Potasse	traces	0.0231
Soude	0.8305	0.2282
Lithine	»	traces notables.
Matières organiques	»	0.0036
Total	3.2671	2.1585
Résidu fixe par litre	2.2110	0.7200

Dates des analyses : (1), 21 mars 1872, — (2), 12 février 1884.

DÉPARTEMENT DU LOT.

ARRONDISSEMENT DE GOURDON

Eaux minérales de Miers.

	Commune de Gramat.	
	(1)	(2)
	gr.	gr.
Acide carbonique … libre	0.0045	0.0088
Acide carbonique … des bicarbonates	0.1876	0.1696
Acide chlorhydrique	0.0228	0.0203
Acide sulfurique	2.4168	2.4717
Silice	0.0270	0.0250
Protoxyde de fer	0.0110	0.0090
Chaux	0.6150	0.6050
Magnésie	0.4393	0.4466
Potasse	0.6086	0.0105
Soude	0.6600	0.6770
Matières organiques	0.0017	0.0014
Total	4.9943	4.4449
Résidu fixe par litre	4.3200	4.3700

Date des analyses : 29 novembre 1872.

DÉPARTEMENT DE LOT-ET-GARONNE.

ARRONDISSEMENT DE NÉRAC.

Eau minérale de Casteljaloux.

	Source de la Plateforme.
	gr.
Acide carbonique libre	0.0425
Acide carbonique des bicarbonates	0.2982
Acide chlorhydrique	0.0321
Acide sulfurique	0.0172
Silice	0.0108
Protoxyde de fer	0.0074
Chaux	0.1840
Magnésie	0.0124
Potasse	0.0057
Soude	0.0291
Matières organiques	0.0122
Total	0.6516
Résidu fixe par litre	0.4500

Date de l'analyse : 31 mai 1877.

DÉPARTEMENT DE LA LOZÈRE.

ARRONDISSEMENT DE MARVEJOLS (1).

ID. DE MENDE (2-3-4).

	EAU THERMALE DE LA CHALDETTE.	EAUX FERRUGINEUSES DE LAVAL-ATGER		
	Commune de Brion.	(2) Source Ste-Marie-Souveraine.	(3) Source Ste-Justine.	(4) Source Ste-Eulalie.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	0.2900	2.0042	1.1054	1.6834
Acide carbonique des bicarbonates		0.5522	0.4918	0.5666
Acide chlorhydrique	0.0100	0.0090	0.0088	0.0094
Acide sulfurique	0.0100	0.0074	0.0103	0.0082
Silice	0.0500	0.0480	0.0420	0.0540
Protoxyde de fer	traces.	0.0117	0.0088	0.0108
Chaux	0.0200	0.2386	0.2100	0.2870
Magnésie	traces.	0.0778	0.0740	0.0864
Potasse	0.0100	0.0038	0.0031	0.0035
Soude	0.2500	0.0054	0.0051	0.0057
Matières organiques	»	0.0038	0.0040	0.0045
Total	0.6400	2.9614	1.9628	2.6195
Résidu par litre	0.0586	0.6780	0.6100	0.6950

Dates des analyses : (1), 5 avril 1861; — (2-3-4), 1er septembre 1883.

DÉPARTEMENT DE MAINE-ET-LOIRE.

ARRONDISSEMENT DE SAUMUR.

Eau de Jouannetto, commune de Martigné-Briand.

	gr.
Acide carbonique { libre	0.0824
Acide carbonique { des bicarbonates	0.1196
Acide chlorhydrique	0.1168
Acide sulfurique	0.0618
Silice	0.0170
Protoxyde de fer	0.0075
Chaux	0.0875
Magnésie	0.0201
Potasse	traces.
Soude	0.1091
Matières organiques	0.0260
Total	0.6478
Résidu fixe par litre	0.4700

Date de l'analyse : 10 janvier 1875.

DÉPARTEMENT DE LA MANCHE.

ARRONDISSEMENT DE CHERBOURG.

Eau ferrugineuse de Jobourg.

	Source de Romaret.
	gr.
Acide carbonique { libre	0.0844
Acide carbonique { des bicarbonates	0.0432
Acide chlorhydrique	0.0346
Acide sulfurique	0.0062
Silice	0.0075
Protoxyde de fer	0.0133
Chaux	0.0181
Magnésie	0.0025
Potasse	traces.
Soude	0.0294
Matières organiques	0.0032
Total	0.2425
Résidu fixe par litre	0.1220

Date de l'analyse : 11 mai 1881

DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-MARNE.

ARRONDISSEMENT DE LANGRES.

Source de la Rivière-sous-Aigremont, près Bourbonne-les-Bains.

	gr.
Acide carbonique { libre / des bicarbonates	0.2528
Acide chlorhydrique	0.0076
Acide sulfurique	1.2977
Silice	0.0185
Protoxyde de fer	0.0018
Chaux	0.8146
Magnésie	0.1621
Potasse	traces.
Soude	0.0357
Matières organiques	0.0020
Total	2.5928
Résidu fixe par litre	2.4600

Date de l'analyse : 8 décembre 1883.

DÉPARTEMENT DE LA NIÈVRE.

ARRONDISSEMENT DE CHATEAU-CHINON (1).

ID. DE NEVERS (2).

	(1) EAU SULFUREUSE DE ST-HONORÉ-LES-BAINS. Source de l'Acacia.	(2) EAU FERRUGINEUSE DE LA LOGE. Commune de St-Seine.
	gr.	gr.
Acide carbonique { libre	0.0361	0.1294
Acide carbonique { des bicarbonates	0.1126	
Acide chlorhydrique	0.1702	0.0038
Acide iodhydrique	traces notables.	»
Acide sulfurique	0.0146	0.0051
Acide sulfhydrique	0.0074	»
Acide arsénique	traces faibles.	»
Silice	0.0480	0.0120
Protoxyde de fer	0.0016	0.0098
Chaux	0.0488	0.0588
Magnésie	0.0036	0.0145
Potasse	0.0115	traces.
Soude	0.1805	0.0091
Lithine	traces.	»
Matières organiques	0.0008	0.0070
Total	0.6357	0.2495
Résidu fixe par litre	0.4960	0.1980

Dates des analyses : (1), 20 août 1881 ; — (2), 31 janvier 1879.

ARRONDISSEMENT DE NEVERS (*suite*).

Eaux minérales de Pougues.

	(1) Source St-Léger.	(2) Nouveau Captage.	(3) Source Bert N° 1.	(4) Source Bert N° 2.	(5) Source St-Léger.	(6) Source St-Léger.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	0.6091	1.3540	1.7490	0.4840	1.3190	2.1178
CO^2 des bicarbonates	2.0131	1.5890	0.5970	0.2270	1.6692	1.8122
Acide chlorhydrique	0.1275	0.0500	0.0541	0.0156	0.1271	0.1322
Acide sulfurique	0.1450	0.0910	0.0687	0.0619	0.1098	0.0996
Silice	0.0150	0.0160	traces.	traces.	0.0250	0.0340
Protoxyde de fer	0.0146	0.0110	0.0148	0.0186	0.0120	0.0027
Chaux	0.7000	0.4060	0.4170	0.2870	0.6400	0.6620
Magnésie	0.1150	0.2060	traces.	0.0186	0.1172	0.1261
Potasse	0.0450	0.0260	0.0330	0.0130	traces.	0.0327
Soude	0.6290	0.2670	0.2836	0.0870	0.4776	0.5123
Lithine	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.	0.0009
Matières organiques	0.0210	traces.	0.0380	0.0188	0.0820	0.0025
Total	4.4343	4.0160	3.2502	1.2815	4.5289	5.5850
Résidu fixe par litre	2.5190	1.7190	1.4000	0.7040	2.3400	2.4800

Dates des analyses : (1-2), 10 janvier et 1er juillet 1867 ; — (3-4), 25 février 1872, — (5), 5 janvier 1874 ; — (6), 15 juillet 1884.

DÉPARTEMENT DU NORD.

ARRONDISSEMENT DE DOUAI.

Eaux minérales des houillères d'Aniche.

	(1) Fosse St-Louis.	(2) Fosse Fénelon.	Puits de Roucourt. à 165 m. de profondeur.	Puits de Roucourt. à 235 m. de profondeur.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	0.1754	0.0564	»	»
Acide carbonique des bicarbonates	0.6834	0.5596	0.1892	0.2172
Acide chlorhydrique	0.7416	0.4064	2.0572	1.5006
Acide sulfurique	0.5905	0.3102	0.2266	0.2059
Acide sulfhydrique	»	»	»	0.0007
Silice	0.0545	0.0520	0.0300	0.0350
Protoxyde de fer	0.0055	0.0061	0.0172	0.0185
Chaux	0.0704	0.0798	0.0784	0.0850
Magnésie	0.0361	0.0451	0.0115	0.0133
Potasse	0.0231	0.0144	0.0154	0.0142
Soude	1.4223	1.1945	1.9283	1.4494
Matières organiques	»	»	0.0012	0.0080
Total	3.8028	3.2245	4.5550	3.5478
Résidu fixe par litre	3.0750	2.7620	3.9400	3.0600

Dates des analyses : (1-2), 15 juin 1880 ; — (3-4), 17 novembre 1882.

ARRONDISSEMENT DE VALENCIENNES.

	Eaux salées du Torrent d'Anzin. Fosse Joseph-Périer. Niveau de 69 m. (1)	Niveau de 75 m. (2).	Source de St-Amand-les-Eaux. (3)
	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	»	»	0.0058
Acide carbonique des bicarbonates	»	»	0.1866
Acide chlorhydrique	4.3960	4.4171	0.0584
Acide sulfurique	3.4879	3.0897	0.1786
Silice	0.0700	0.0580	0.0180
Protoxyde de fer	0.2874	0.1539	0.0016
Peroxyde de fer	0.4564	0.2853	
Chaux	0.6160	0.5152	0.1428
Magnésie	0.3027	0.3063	0.0468
Potasse	0.0633	0.0577	traces.
Soude	4.4691	4.6023	0.0877
Matières organiques	0.0020	0.0018	0.0085
Total	14.1508	13.4873	0.7348
Résidu fixe par litre	13.0800	12.4200	0.6270

Dates des analyses : (1), 11 octobre 1881; — (2), 29 novembre 1882; — (3); 11 octobre 1882.

DÉPARTEMENT DE L'ORNE.

ARRONDISSEMENT DE DOMFRONT.

Eaux minérales de Bagnolles, (canton de la Ferté-Macé).

	(1) Source ferrugineuse 21°.	(2) Source ferrugineuse. 30°.	(3) Source nouvelle 41°.	(4) Source ancienne 41°.	(5) Source ferrugineuse
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre / des bicarbonates	0.1130	0.3000	0.3380	0.3230	0.2830
Acide chlorhydrique	0.0100	0.0250	0.0250	0.0350	0.0123
Acide sulfurique	0.0470	0.1220	0.1290	0.1360	0.0146
Silice	0.0280	0.0670	0.0700	0.0770	0.0300
Protoxyde de fer	0.0010	traces.	traces.	0.0010	0.0400
Chaux	0.0150	0.0210	0.0200	0.0220	0.0200
Magnésie	0.0050	0.0100	0.0100	0.0230	0.0100
Potasse	»	»	»	»	»
Soude	0.0660	0.2570	0.2810	0.2950	0.0600
Matières organiques	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
Total	0.2850	0.8020	0.8730	0.9120	0.4699

Dates des analyses : (1 à 4), 1er septembre 1854 ; — (5), 9 septembre 1857.

DÉPARTEMENT DU PAS-DE-CALAIS.

ARRONDISSEMENT DE BÉTHUNE.

Eau salée des houillères de Ferfay.

	Fosse N° 2 à 492 m. de profondeur.
	gr.
Acide carbonique... libre / des bicarbonates	0.0648
Acide chlorhydrique	10.3107
Acide sulfurique	traces.
Silice	0.0480
Protoxyde de fer	0.0032
Chaux	0.6133
Magnésie	0.2723
Potasse	0.0116
Soude	7.6885
Matières organiques	0.0030
Total	19.0109
Résidu fixe par litre	16.4300

Date de l'analyse : 30 décembre 1882

DÉPARTEMENT DU PUY-DE-DOME.

ARRONDISSEMENT DE CLERMONT FERRAND.

Eaux minérales de la Bourboule (canton de Murat-le-Quaire).

	(1) Puits du Déversoir.	(2) Source Choussy.	(3) Grande source Choussy.	(4) Source de la commune ou source Perrière.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	0.3513	0.1622	0.4981	0.4034
Acide carbonique des bicarbonates	1.3242	1.4574	1.2270	1.2944
Acide chlorhydrique	2.0447	1.9115	1.7602	2.0320
Acide sulfurique	0.1098	0.1167	0.0995	0.1167
Acide arsénique	0.0115	0.0122	0.0107	0.0031
Silice	0.0420	0.0500	0.0310	0.0340
Protoxyde de fer	0.0053	0.0080	0.0040	0.0043
Chaux	0.0490	0.0550	0.0350	0.0720
Magnésie	0.0092	0.0073	0.0083	0.0146
Potasse	0.0731	0.0769	0.0519	0.0769
Soude	2.6395	2.6534	2.3580	2.5696
Lithine	tr. notables.	traces.	tr. notables.	tr. notables.
Matières organiques	traces.	traces.	traces.	0.0140
Total	6.6596	6.5106	6.0787	6.6350
Résidu fixe par litre	5.1400	5.1250	4.5300	5.0800

Dates des analyses : (2), 31 janvier 1870 ; — (1, 3), 31 juillet 1876 ; — (4), 30 novembre 1874.

Eaux minérales de la Bourboule (*suite*).

	(5) Source Fenestre à 34m.	(6) Source Fenestre à 68m.	(7) Source de la Plage.	(8) Source Seidaiges.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	0.3361	0.8486	0.5166	0.6494
Acide carbonique des bicarbonates	0.3988	0.7445	1.3376	0.9702
Acide chlorhydrique	0.4219	1.0574	2.2225	1.3258
Acide sulfurique	0.0274	0.0463	0.1098	0.0721
Acide arsénique	0.0054	0.0061	0.0064	0.0054
Silice	0.0250	0.0400	0.0360	0.0280
Protoxyde de fer	0.0030	0.0050	0.0040	0.0048
Chaux	0.0450	0.0350	0.0380	0.0340
Magnésie	0.0164	0.0147	0.0154	0.0128
Potasse	0.0336	0.0461	0.1230	0.0577
Soude	0.5696	1.3864	2.7648	1.7860
Lithine	traces.	traces.	tr. notables.	traces.
Matières organiques	0.0200	0.0250	0.0160	0.0170
Total	1.9022	4.2551	7.1901	4.9632
Résidu fixe par litre	1.2400	2.7400	5.4500	3.4800

Dates des analyses : (5, 6), 1er mai 1873 ; — (7, 8), 19 mars 1875

ARRONDISSEMENT DE CLERMONT-FERRAND (*suite*).

Eaux minérales de Royat. (Canton de Clermont).

	(1)	(2) Source César.	(3) Source St-Marc.	(4) Source St-Victor.	(5) Source Eugénie.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	2.4590	1.0979	1.4358	1.5560	1.1222
CO^2 des bicarbonates		1.0242	1.6882	1.8100	1.8478
Acide chlorhydrique	1.0980	0.4064	0.9652	1.0350	1.0414
Acide sulfurique	0.1176	0.0515	0.0875	0.0858	0.0841
Acide borique	traces.	traces.	tr. notables.	tr. notables.	traces.
Acide arsénique	traces.	0.0003	0.0006	0.0017	0.0003
Silice	0.0845	0.0724	0.0915	0.0985	0.0924
Protoxyde de fer	0.0328	0.0087	0.0084	0.0114	0.0112
Chaux	0.3936	0.2488	0.3541	0.4068	0.3983
Magnésie	0.2460	0.1185	0.1977	0.2050	0.2086
Potasse	0.0283	0.0655	0.1041	0.0944	0.0983
Soude	1.3657	0.5907	1.2811	1.3567	1.3897
Lithine	»	0.0071	0.0106	0.0123	0.0113
Matières organiques	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
Total	5.8255	3.6867	6.2248	6.6736	6.3056
Résidu fixe par litre	3.8000	1.9530	3.6770	3.9320	3.9650

Dates des analyses : (1), 6 septembre 1856 ; — (2 à 4), 27 mai 1879 ; — (5), 31 juillet 1879.

ARRONDISSEMENT DE CLERMONT-FERRAND (*suite*).

	Eaux minérales de Saint-Georges (canton de Billom). (1) Source du Prêtre.	(2) Source St-Georges.	Eau de Chamalières (canton de Clermont). (3) Source Dumas.	Eau du Mont-Dore (canton de Rochefort). (4) Source de l'Hôtel Bertrand.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique . libre	1.1205	1.3404	0.6196	0.7372
Acide carbonique . des bicarbonates			0.7594	0.6468
Acide chlorhydrique	traces.	traces.	0.0305	0.2235
Acide sulfurique	traces.	traces.	0.1235	0.0308
Acide arsénique	»	»	»	traces.
Silice	traces.	traces.	0.0072	0.0860
Protoxyde de fer	0.1305	0.0800	0.0050	0.0070
Chaux	0.5280	0.7336	0.4120	0.1064
Magnésie	traces.	0.0507	0.0952	0.0329
Potasse	traces.	0.1090	0.0115	0.0834
Soude	traces.	traces.	0.0408	0.5037
Lithine	»	»	»	traces faibles
Matières organiques	traces.	traces.	0.0050	0.0080
Total	1.7790	2.3137	2.1097	2.4217
Résidu fixe par litre	»	»	1.2850	1.2880

Dates des analyses : (1), 2 octobre 1851 ; — (2), 20 novembre 1854 ; — (3), 28 février 1873 ; — (4), 30 septembre 1877.

ARRONDISSEMENT D'ISSOIRE.

Eaux minérales de St-Nectaire-le-Bas, (canton de Champeix).

	(1) Source St-Césaire.	(2) Source Mendon gros bouillon.	(3) Gde source Bouette.	(4) Source de la Coquille ou source Romaine.	(5) Source des Dames.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	0.3280	0.5076	0.2061	0.5106	0.7430
CO^2 des bicarbonates.	2.5762	2.2402	2.4814	2.3256	2.1388
Acide chlorhydrique	1.7399	1.5240	1.7526	1.6012	1.6129
Acide phosphorique	traces.	traces.	traces	traces.	traces.
Acide sulfurique	0.0892	0.0819	0 0858	0.0879	0.0806
Acide arsénique	0.0008	0.0012	0 0015	0.0004	0.0041
Silice	0.0235	0.0196	0.0215	0.0305	0.0550
Protoxyde de fer	0.0058	0.0062	0.0074	0.0053	0.0085
Chaux	0.1230	0.1120	0.1288	0.1904	0.1760
Magnésie	0.1318	0.1244	0.1391	0.1208	0.0805
Potasse	0.1673	0.1344	0.1461	0.1512	0.1731
Soude	2.8798	2.5324	2.8533	2.5787	2.5132
Lithine	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
Matières organiques	0.0090	0.0095	0.0078	0.0086	0.0052
Total	8.0743	7.2984	7 8309	7.6112	7.5909
Résidu fixe par litre	6.0260	5.2800	5.9400	5.5300	5.3700

Dates des analyses : 17 juillet et 30 septembre 1877.

ARRONDISSEMENT D'ISSOIRE (*suite*).

Eaux minérales de St-Nectaire-le-Haut (canton de Champeix).

	(1) Source du Rocher.	(2) Nouvelle source.	(3) Source du Parc.	(4) Source d'or.	(5) Source Romaine du Mont-Cornadore	(6) Source nouvelle.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr	gr.
CO^2 libre	0.3077	0.6016	0.8958	1.2552	1.3656	1.3030
CO^2 des bicarbonates	2.0850	1.9340	2.1622	2.4188	1.6484	1.4690
Acide chlorhydrique	1.5240	1.3462	1.6129	1.7145	1.0668	0.7366
Acide sulfurique	0.0789	0.0721	0.0926	0.0961	0.0738	0.0514
Acide arsénique	0.0081	0.0034	0.0032	0.0009	0.0055	0.0006
Silice	0.0184	0.0528	0.0895	0.0874	0.0825	0.1260
Protoxyde de fer	0.0076	0.0078	0.0078	0.0072	0.0036	0.0079
Chaux	0.2290	0.2408	0.2014	0.2342	0.1783	0.2758
Magnésie	0.1245	0.0782	0.1135	0.1574	0.0695	0.1081
Potasse	0.1057	0.1615	0.1885	0.2032	0.1483	0.0982
Soude	2.3011	2.0961	2.4780	2.6316	1.7021	1.1450
Lithine	tr. notes	traces.	traces.	tr. notes	0.0095	0.0057
Matières organiques	0.0092	0.0067	0.0064	0.0058	0.0040	traces.
Total	6.7942	6.5957	7.8518	8.8123	6.3579	3.3273
Résidu fixe par litre	5.0650	4.6900	5.4730	5.9220	3.8860	3.0760

Dates des analyses : (1), 17 juin 1876 ; — (2), 30 septembre 1877 ; — (3-4), 28 février 1878 ; — (5), 4 juin 1879 ; — (6), 31 juillet 1880.

ARRONDISSEMENT D'ISSOIRE (*suite*).

	(1) Source du Mont-Rognon, commune du Grandeyrol.	(2) Source de Bard, canton de St-Germain-Lambron.	(3) Source de la Réveille, domaine de Seix, commune de Sauxillanges.
	gr.	gr.	gr
CO^2 libre	2.2788	1.7898	1.4667
CO^2 des bicarbonates	1.6812	2.5802	1.6134
Acide chlorhydrique	0.3990	0.6711	0.0112
Acide sulfurique	0.0158	0.0268	0.0251
Acide arsenique	0.0009	»	»
Silice	0.0850	0.0870	0.0560
Protoxyde de fer	0.0108	0.0042	traces.
Chaux	0.1982	0.3097	0.1210
Magnésie	0.1585	0.1728	0.0576
Potasse	0.0944	0.1387	0.0456
Soude	0.9865	1.6867	0.9373
Lithine	0.0063	0.0082	»
Matières organiques	0.0040	0.0024	traces.
Total	5.9194	7.4776	4.3642
Résidu fixe par litre	2.6800	4.2300	2.0800

NOTA. dans le n° 3, dépôt de peroxyde de fer, par litre : 0g. 0300.
Dates des analyses : (1), 20 septembre 1882 — (2), 30 décembre 1882 — (3). 24 février 1882.

ARRONDISSEMENT DE RIOM.

Eaux minérales de Chatel-Guyon (Canton de Riom).

	(1) Source Deval.	(2) Source du Sardon.	(3) Source Nouvelle.
	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	1.2188	1.1718	1.2880
CO^2 des bicarbonates	1.8128	1.8102	1.7622
Acide chlorhydrique	2.1844	2.1768	2.1590
Acide sulfurique	0.2952	0.3021	0.2986
Acide arsenique	traces faibles.	traces faibles.	traces faibles.
Silice	0.1080	0.1120	0.1170
Protoxyde de fer	0.0114	0.0151	0.0128
Chaux	0.9605	0.9711	0.9527
Magnésie	0.6515	0.6150	0.6297
Potasse	0.1137	0.1021	0.1059
Soude	1.2027	1.2454	1.1963
Lithine	0.0088	0.0070	0.0088
Matières organiques	traces.	traces.	traces.
Total	8.5678	8.5286	8.5260
Résidu fixe par litre	5.9120	5.8970	5.8320

Date des analyses : 31 mars 1879.

ARRONDISSEMENT DE RIOM (*suite*).

	Source Chevarrier à Chateau-neuf-les-Bains. (1)	Eaux minérales de Chappes Commune de Beauregard. (2)	(3)	Eaux minérales de Pontgibaud. Source Auchal. (4)	Source Chateauford (5)
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	1.2744	2.0032	2.4956	1.0188	1.7968
CO^2 des bicarbonates	0.9740	1.3233	1.5526	0.7058	0.8398
Acide chlorhydrique	0.1443	0.2422	0.2221	0.0457	0.0660
Acide sulfurique	0.1222	0.2060	0.2334	0.0549	0.0412
Silice	0.0560	0.0300	0.0320	0.0320	0.0280
Protoxyde de fer	0.0034	0.0024	0.0026	0.0150	0.0220
Chaux	0.1148	0.5628	0.6328	0.0850	0.1920
Magnésie	0.0332	0.2774	0.3458	0.0622	0.1098
Potasse	0.0108	0.0273	0.0308	0.0212	0.0163
Soude	0.7150	0.2248	0.2043	0.3642	0.2795
Lithine	traces.	traces.	traces.	»	»
Matières organiques	0.0035	0.0025	0.0033	0.0120	0.0090
Total	3.4516	4.9019	5.7551	2.4168	3.3999
Résidu fixe par litre	1.6550	2.1800	2.4300	1.0500	1.1900

Dates des analyses : (1), 12 mai 1883 ; — (2-3), 24 mai 1883 ; — (4-5), 29 novembre 1872.

DÉPARTEMENT DES BASSES-PYRÉNÉES.

ARRONDISSEMENT D'OLORON.

	Eau thermale d'Ogeu-les-Bains.
	gr.
Acide carbonique. { libre! / des bicarbonates	0.1512
Acide chlorhydrique	0.0457
Acide sulfurique	0.0096
Silice	0.0123
Protoxyde de fer	0.0033
Chaux	0.0825
Magnésie	0.0132
Potasse	traces.
Soude	0.0478
Matières organiques	0.0073
Total	0.3729
Résidu fixe par litre	0.2860

Date de l'analyse : 31 mai 1877.

DÉPARTEMENT DES HAUTES-PYRÉNÉES.

ARRONDISSEMENT D'ARGELÈS (1).

ID. DE BAGNÈRES-DE-BIGORRE (2-3).

	Eau sulfureuse de Gazost (canton de Lourdes). Source Nabias. (1)	Eau de la colline du Salut (Anciens bains Tivoli). (2)	Eau sulfureuse de Loudenvielle (canton de Bordères). (3)
	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique { libre	»	0.1554	0.0158
Acide carbonique { des bicarbonates	»	0.0866	
Acide chlorhydrique	0.2070	0.1192	0.0279
Acide sulfurique	0.0030	1.3045	0.0326
Acide phosphorique	0.0380	»	»
Acide sulfydrique	0.0150	»	0.0094
Silice	0.0400	0.0255	0.0224
Protoxyde de fer	»	0.0048	0.0012
Chaux	0.0200	0.8269	0.0185
Magnésie	0.0230	0.0731	0.0012
Potasse	0.0060	0.0096	traces.
Soude	0.1390	0.1337	0.0769
Matières organiques	»	0.0025	0.0175
Total	0.4910	2.7418	0.2234
Résidu fixe par litre	»	2.5100	0.2130

Dates des analyses : (1), 21 août 1852 ; — (2), 30 avril 1880 ; — (3) 30 mai 1877.

DÉPARTEMENT DES PYRÉNÉES-ORIENTALES.

ARRONDISSEMENT DE CÉRET.

	Source Moulas. Commune du Boulou. (1)	Source Anna. Commune de l'Ecluse. (2)
	gr.	gr.
Acide carbonique ... libre	1.5880	1.6240
Acide carbonique ... des bicarbonates	1.1180	1.0602
Acide chlorhydrique	0.0178	0.0563
Acide sulfurique	0.0329	0.0395
Silice	0.0642	0.0815
Protoxyde de fer	0.0144	0.0036
Chaux	0.5908	0.4119
Magnésie	0.0684	0.0811
Potasse	traces.	0.0072
Soude	0.0519	0.2351
Matières organiques	traces.	traces.
Total	3.5464	3.5504
Résidu fixe par litre	1.3920	1.3800

Dates des analyses : (1), 23 août 1880 ; — (2), 9 mars 1881.

DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE.

ARRONDISSEMENT DE CHAROLLES.

	EAUX MINÉRALES DE BOURBON-LANCY.				(5) Eau ferrugineuse de St-Christophe-en-Brionnais.
	(1) Source Limbe Descure.	(2) Source Reine.	(3) Source Marguerite.	(4) Grande source Limbe.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre / des bicarbonates	0.1070	»	»	0.8100	0.0730
Acide chlorhydrique	0.8130	0.8144	0.8236	0.8200	0.0200
Acide sulfurique	0.0600	»	»	0.0692	traces.
Silice	0.0660	»	»	0.0450	0.0450
Protoxyde de fer	0.0070	»	»	0.0090	0.0500★
Chaux	0.1020	»	»	0.4816	0.0780
Magnésie	0.0290	»	»	0.0210	0.0070
Potasse	traces.	»	»	0.0640	»
Soude	0.6800	»	»	0.7196	»
Lithine	traces.	»	»	0.0010	»
Matières organiques	traces.	»	»	0.0125	0.0100
Total	1.8640	»	»	3.0529	0.2830
Résidu fixe par litre	1.6500	1.6200	1.7500	2.3100	»

★. 0g.0400 d'oxyde de fer par litre se trouvaient à l'état de dépôt dans les bouteilles.
Dates des analyses : (1 à 3), 11 septembre 1856 ; — (4), 23 août 1883 ; — (5), 20 avril 1850

DÉPARTEMENT DE LA SAVOIE.

ARRONDISSEMENT DE CHAMBÉRY (1)
ID. DE ST-JEAN-DE-MAURIENNE (2-3).

	(1) Eau sulfureuse iodurée de Challes.	EAUX MINÉRALES DE L'ÉCHAILLON. (2) Source du Haut.	(3) Source du Bas.
	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	0.4058	0.0281	»
CO^2 des bicarbonates		0.4872	»
Acide iodhydrique	0.0056	»	»
Acide chlorhydrique	0.0550	0.2615	»
Acide sulfhydrique	0.1450	»	»
Acide sulfurique	0.0310	0.8445	»
Silice	0.0150	0.0425	»
Protoxyde de fer	0.0150	0.0048	0.0054
Chaux	0.0770	0.5958	»
Magnésie	0.0205	0.1261	»
Potasse	traces.	0.0173	»
Soude	0.3340	2.0087	»
Lithine	»	»	»
Matières organiques	traces.	traces.	»
Total	1.1039	6.3565	»
Résidu fixe par litre	0.8055	5.5600	5.5200

Dates des analyses : (1), 12 décembre 1871 ; — (2-3), 7 avril 1881.

ARRONDISSEMENT DE MOUTIERS.

	EAUX MINÉRALES DE BRIDES. (1) Piscine des hommes.	(2) Piscine des dames.	(3) Piscine des hommes.	(4) Eau minérale de Bourg-St-Maurice.
	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	0.0837	»	0.1258	1.1120
CO^2 des bicarbonates	0.2670	»	0.2726	0.7140
Acide iodhydrique	»	»	»	»
Acide chlorhydrique	1.1176	»	1.2583	0.0081
Acide sulfhydrique	»	»	»	»
Acide sulfurique	2.1078	»	2.0872	0.9612
Silice	0.0280	»	0.0340	0.0400
Protoxyde de fer	0.0056	»	0.0086	0.0022
Chaux	0.9220	»	0.8848	0.9228
Magnésie	0.1940	»	0.1765	0.0950
Potasse	0.0623	»	0.0568	traces.
Soude	1.4241	»	1.5813	0.0801
Lithine	traces notables	»	traces notables	»
Matières organiques	0.0145	»	0.0052	0.0022
Total	6.2036	»	6.4911	3.9626
Résidu fixe par litre	5.7200	5.7800	5.9100	2.4600

Dates des analyses : (1-2), 30 septembre 1875 ; — (3), 30 mai 1882 (analyse renouvelée à la suite d'un tremblement de terre) ; — (4), 21 septembre 1882.

DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE.

ARRONDISSEMENT DE THONON.

Eaux de la station d'Amphion, près du lac Léman.

	(1) Source ancienne.	(2) Nouvelle petite source.	(3) Source près de l'Hôtel.	(4) Source près du bâtiment neuf.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique { libre / des bicarbonates	0.2230	0.2750	0.2770	0.2190
Acide chlorhydrique	traces.	traces.	traces.	traces.
Acide sulfurique	traces.	0.0100	traces.	0.0060
Silice	0.0210	0.0210	0.0070	0.0070
Protoxyde de fer	traces.	0.0080	traces.	traces.
Chaux	0.1020	0.1130	0.1670	0.1270
Magnésie	traces.	0.0020	0.0060	0.0080
Potasse	traces.	traces.	traces.	traces.
Soude	0.0080	0.0280	0.0170	0.0050
Matières organiques	»	»	»	»
Total	0.3540	0.4570	0.4740	0.3720
Résidu fixe par litre	0.2450	0.2550	0.3340	0.2680

Date des analyses : 30 juin 1864.

DÉPARTEMENT DE LA SEINE-INFÉRIEURE.

ARRONDISSEMENT DE NEUFCHATEL.

Eaux ferrugineuses de Forges-les-Eaux.

	(1)	(2)	(3)
	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique. { libre / des bicarbonates	0.1880	0.1780	0.1878
Acide chlorhydrique	0.0200	0.0400	0.0127
Acide sulfurique	0.0540	0.1020	0.0068
Silice	0.0110	0.0500	0.0165
Protoxyde de fer	0.0310	0.0150	0.0055
Chaux	0.0640	0.0420	0.0637
Magnésie	traces.	traces.	0.0158
Patasse	0.0090	0.0170	0 0018
Soude	0.0270	0.0500	0.0192
Matières orgoniquo	»	»	0.0040
Total	0.4040	0.4960	0.2838
Résidu fixe par litre	0.2160	0.3160	0 2170

Dates des analyses . (1-2), 28 décembre 1855 ; — (3), 5 décembre 1879.

DÉPARTEMENT DE SEINE-ET-MARNE.

ARRONDISSEMENT DE PROVINS.

Eaux ferrugineuses de Provins.

	(1) Source de la Fontaine.	(2) Source du Puisard.
	gr.	gr.
Acide carbonique ... { libre ... des bicarbonates ... }	0.5640	»
Acide chlorhydrique	0.0200	»
Acide sulfurique	0.0140	»
Silice	0.0160	»
Protoxyde de fer	0.0530	0.0300
Chaux	0.2860	»
Magnésie	0.0060	»
Potasse	0.0053	»
Soude	0.1200	»
Matières organiques	traces.	»
Total	1.1860	»
Résidu fixe par litre	0.9400	0.6800

NOTA. — On a ajouté l'oxyde de fer du dépôt à la partie restée en dissolution.
Date des analyses : 14 juillet 1863.

DÉPARTEMENT DE SEINE-ET-OISE.

ARRONDISSEMENT DE PONTOISE.

Eau ferrugineuse de l'hôtel des sources, à Montmorency.

	gr.
Acide carbonique ... { libre	0.0733
Acide carbonique ... { des bicarbonates	0.0565
Acide chlorhydrique	0.0616
Acide sulfurique	0.0786
Silice	0.0456
Protoxyde de fer	0.0133
Chaux	0.0664
Magnésie	0.0050
Potasse	traces.
Soude	0.0511
Matières organiques	0.0080
Total	0.4594
Résidu fixe par litre	0.4175

Date de l'analyse : 24 août 1882.

DÉPARTEMENT DE TARN-ET-GARONNE.

ARRONDISSEMENT DE MONTAUBAN.

Eaux minérales de Fenayrols (canton de St-Antonin).

	(1) Source de l'Église.	(2) Source de la Bambouzolle.
	gr.	gr.
Acide carbonique ... { libre ... / des bicarbonates... }	0.2540	0.2300
Acide chlorhydrique ...	0.0170	0.0140
Acide sulfurique...	0.7980	0.8640
Silice ...	0.0250	0.0200
Protoxyde de fer...	traces.	traces.
Chaux ...	0.5460	0.5700
Magnésie...	0.0300	0.0270
Potasse...	0.2030	0.2360
Soude...	traces.	traces.
Matières organiques...	»	»
Total...	1.8730	1.9610
Résidu fixe par litre...	1.7830	1.8260

Date des analyses : 28 décembre 1867.

DÉPARTEMENT DU VAR.

ARRONDISSEMENT DE DRAGUIGNAN.

Source de la Pioule, canton du Luc-en-Provence, près d'anciens bains Romains.

	gr.
Acide carbonique ... { libre ...	0.0823
Acide carbonique ... { des bicarbonates...	0.2816
Acide chlorhydrique ...	0.0126
Acide sulfurique...	0.1412
Silice ...	0.0360
Protoxyde de fer...	0.0025
Chaux ...	0.2206
Magnésie ...	0.0896
Potasse...	0.0006
Soude ...	0.0104
Matières organiques...	0.0027
Total...	0.8301
Résidu fixe par litre...	0.6050

Date de l'analyse : 29 août 1884.

DÉPARTEMENT DE VAUCLUSE.

ARRONDISSEMENT D'ORANGE.

Eau ferrugineuse de Montmirail-Vacqueyras (canton de Baumes).

	gr.
Acide carbonique { libre / des bicarbonates	0.2816
Acide chlorhydrique	0.0558
Acide sulfurique	0.8695
Silice	0.0230
Protoxyde de fer	0.0078
Chaux	0.5430
Magnésie	0.0988
Potasse	0.0052
Soude	0.1698
Matières organiques	0.0050
Total	2.0595
Résidu fixe par litre	1.9050

Date de l'analyse : 10 décembre 1877.

DÉPARTEMENT DE LA VENDÉE.

ARRONDISSEMENT DE FONTENAY-LE-COMTE (1).
ID. DES SABLES-D'OLONNE (2).

	(1) Eau ferrugineuse de Faymoreau.	(2) Eau chlorurée de Moutiers-les-Maufaits.
	gr.	gr.
Acide carbonique { libre / des bicarbonates	0.1200	»
Acide chlorhydrique	0.0400	4.0670
Acide sulfurique	0.1280	0.1370
Silice	0.0160	»
Protoxyde de fer	0.0600	»
Chaux	0.0710	1.3200
Magnésie	0.0130	0.1400
Potasse	»	non dosés
Soude	0.0730	(trop peu d'eau).
Matières organiques	traces.	traces.
Total	0.5210	»
Résidu fixe par litre	0.3400	7.0600

NOTA. — Dans (1), on a ajouté l'oxyde de fer du dépôt à celui resté en dissolution.

Dates des analyses : (1), 17 février 1869 · — (2) 30 juillet 1873.

DÉPARTEMENT DES VOSGES.

ARRONDISSEMENT D'ÉPINAL.

Eaux minérales de Bains-en-Vosges.

	(1) Source savonneuse.	(2) Source tiède.	(3) Grosse source.	(4) Source de la Vache.	(5) Source Grangury.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique	0.0800	0.0900	0.0800	0.1400	0.1000
Acide chlorhydrique	0.0300	0.0100	0.0300	0.0100	0.0600
Acide sulfurique	0.0800	0.0700	0.0800	0.0600	0.0100
Silice	0.0700	0.0400	0.0700	0.0700	0.0100
Protoxyde de fer	0.0100	0.0100	traces.	0.0300	0.0200
Chaux	0.0400	0.0400	0.0400	0.0500	0.0400
Magnésie	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
Potasse	0.0200	0.0100	0.0300	0.0100	0.0600
Soude	0.1000	0.0600	0.1400	0.0700	0.0100
Matières organiques	»	»	»	»	»
Total	0.4300	0.3300	0.4700	0.4400	0.4000
Résidu fixe par litre	0.3720	0.3000	0.3700	0.3650	0.3620

Date des analyses : 5 juillet 1861.

ARRONDISSEMENT D'ÉPINAL (1).
ID. DE NEUFCHATEAU (2 à 4).

	(1) Source sulfureuse d'Epinal.	(2) Source de Martigny, canton de Lamarche.	(3) Source du Rond-Buisson, à Norroy-sur-Vair.	(4) La Fontaine de fer, à Aroffe.
	gr.	gr.	gr.	gr.
CO^2 libre	0.5610	0.2570	0.0496	0.0839
CO^2 des bicarbonates			0.2542	0.3200
Acide chlorhydrique	0.3400	0.0100	0.0071	0.0118
Acide sulfurique	0.0560	0.3780	1.2118	0.1085
Acide sulfhydrique	0.0320	»	»	»
Silice	traces.	0.0100	0.0240	0.0150
Protoxyde de fer	0.0100	0.0100	0.0043	0.0115
Chaux	0.0450	0.3670	0.8512	0.2284
Magnésie	0.0400	0.0600	0.1134	0.0256
Potasse	0.0320	traces.	traces.	0.0010
Soude	1.0570	0.0640	0.0162	0.0170
Matières organiques	traces.	»	0.0073	0.0122
Total	2.1730	1.1560	2.5391	0.8349
Résidu fixe par litre	»	1.1150	2.3600	0.5800

NOTA.— Dans le n° 4, il y avait, en outre, par litre, 0,0140 d'oxyde de fer déposé.

Dates des analyses : (1), 27 février 1852 ; — (2), 29 aout 1866 ; — (3), 30 septembre 1876 ; — (4), 23 janvier 1884.

ARRONDISSEMENT DE MIRECOURT.

	EAU MINÉRALE DE BÉGNÉCOURT	EAUX MINÉRALES DE VITTEL.		
	(1) Source Heucheloup.	(2) Source Marie (purgative)	(3) Source des demoiselles.	(4) Grande source (diurétique).
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique.....	0.2810	0.3400	0.2600	0.3200
Acide chlorhydrique...	0.0110	0.1600	0.1300	0.1100
Acide sulfurique......	1.2640	0.5800	0.4400	0.3100
Silice..............	0.0100	0.0200	0.0200	0.0100
Protoxyde de fer	traces.	traces.	traces.	traces.
Chaux..............	0.8550	0.4600	0.4600	0.4900
Magnésie............	0.1500	0.0800	0.0500	0.0800
Potasse.............	0.0400	»	»	»
Soude...............	0.1670	0.1900	0.1800	0.1600
Matières organiques..	»	»	»	»
Total........	2.7780	1.8300	1.5400	1.4800
Résidu fixe par litre....	2.4900	1.5000	1.3600	1.2600

Dates des analyses : (1), 13 janvier 1863 ; — (2 à 4), 23 novembre 1858.

ARRONDISSEMENT DE MIRECOURT (*suite*).

Eaux minérales de Contrexéville (canton de Vittel).

	(1) Puits du Dr Baud.	(2) Puits de Mr Davignon.	(3) Source du Quai.	(4) Source des Bains.	(5) Source du Pavillon.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique......	0.2200	0.2200	0.3000	0.3820	0.3600
Acide chlorhydrique ...	0.1100	0.1100	0.0100	0.0100	0.0200
Acide sulfurique.......	0.9000	0.4500	1.0100	1.0000	1.1000
Silice................	0.0200	0.0300	0.0100	0.0100	0.0100
Protoxyde de fer.......	0.0200	0.0100	traces.	traces.	traces.
Chaux................	0.6000	0.3000	0.7600	0.7400	0.9900
Magnésie.............	0.0100	0.0200	0.0500	0.0500	0.0400
Potasse..............	»	»	»	»	»
Soude................	0.2200	0.1500	0.0800	0.3100	0.3200
Matières organiques....	»	»	»	»	»
Total........	2.1000	1.2900	2.2200	2.5000	2.8400
Résidu fixe par litre.....	1.9700	1.1500	1.9800	2.1400	2.5800

Dates des analyses : (1-2), 19 mai 1859 ; — (3 à 5), 18 août 1859.

ARRONDISSEMENT DE REMIREMONT

Eaux minérales de Plombières.

	(1) Source des Dames	(2) Source ferrugineuse	(3) Galerie des sources savonneuses 1er filet.	(4) Galerie des sources savonneuses 2e filet.	(5) Source Sainte-Claire.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique	0.0566	0.1136	»	»	0.1170
Acide chlorhydrique....	0.0079	0.0077	»	»	0.0350
Acide sulfurique	0.0498	0.0498	»	»	0.0130
Acide arsénique........	»	0.0010	»	»	»
Silice et sable	0.0610	0.1000	0.0166	0.0300	0.0340
Alumine et oxyde de fer..	0.0075	0.1433	traces	traces	0.0500
Chaux	0.0150	0.1166	0.0200	0.0233	0.0100
Magnésie.............	0.0075	0.0200	0.0200	0.0200	0.0030
Potasse...............	0.0045	0.0173	0.0039	0.0102	0.0200
Soude................	0.0820	0.0326	0.0054	0.0093	0.0500
Matières organiques....	»	»	»	»	traces
Total...	0.2918	0.6019	»	»	0.3320
Résidu fixe par litre....	0.2514	0.5500	0.0766	0.1133	0.2240

NOTA. — Le dépôt ferrugineux trouvé dans les bouteilles a été compris dans l'analyse n° 2. Les analyses (3) et (4) n'ont pû être complétées, faute d'une quantité d'eau suffisante.

Dates des analyses : (1 à 4), 8 juin 1859 ; — (5), 6 septembre 1856.

DÉPARTEMENT DE L'YONNE.

ARRONDISSEMENT D'AUXERRE.

Eau minérale de Montfort, commune de Montigny-la-Resle.

	gr.
Acide carbonique..	0.2450
Acide chlorhydrique	0.0915
Acide sulfurique..	1.2085
Silice....................	0.0160
Protoxyde de fer..	0.0027
Chaux	0.6826
Magnésie...	0.1925
Potasse	0.0196
Soude	0.1173
Lithine..	traces.
Matières organiques...	0.0035
Total......................	2.5792
Résidu fixe par litre...	2.4300

Date de l'analyse : 9 janvier 1884.

DEUXIÈME SÉRIE.

COMPOSITION CALCULÉE

DES

EAUX MINERALES FRANÇAISES

ANALYSÉES DE 1879 A 1884.

DÉPARTEMENT DE L'ALLIER

ARRONDISSEMENT DE LA PALISSE.

Eau minérale d'Abrest.

	gr.
Acide carbonique libre	0.4080
Silice	0.0340
Bicarbonate de chaux	0.5832
Id. de magnésie	0.0460
Id. de protoxyde de fer	0.0158
Id. de potasse	0.0167
Id. de soude	1.4253
Sulfate de soude	0.0852
Chlorure de sodium	0.1886
Matières organiques	0.0040
	2.7568

Dates de l'analyse : 23 Août 1883.

(Voir l'analyse n° 6, au premier tableau de la page 85).

DÉPARTEMENT DES ALPES MARITIMES.

ARRONDISSEMENT DE NICE.

Eau sulfureuse de Breil.

	gr.
Silice	0.0210
Bicarbonate de chaux	0.3688
Id. de magnésie	0.1674
Id. de protoxyde de fer	0.0101
Sulfate de chaux	0.6616
Sulfate de soude	0.3106
Sulfure de sodium	0.0255
Chlorure de sodium	0.0596
Chlorure de potassium	traces.
Matières organiques	0.0120
	1.6366

Dates de l'analyse : 23 Août 1883.

(Voir le premier tableau de la page 88).

DÉPARTEMENT DE L'ARDÈCHE.

ARRONDISSEMEFNT DE LARGENTIÈRE.

Source « la Bienfaisante » de Neyrac.

	gr.
Acide carbonique libre	1.3500
Silice	0.0650
Bicarbonate de chaux	0.8186
Id. de magnésie	0.4919
Id. de protoxyde de fer	0.0127
Id. de potasse	0.1338
Id. de lithine	traces.
Id. de soude	1.2134
Sulfate de soude	0.0427
Chlorure de sodium	0.0569
Matières organiques	traces.
	4.1850

Dates de l'analyse : 31 Janvier 1879.

(Voir l'analyse n° 4, au deuxième tableau de la page 88).

ARRONDISSEMENT DE PRIVAS.

Source André, à Saint-Fortunat.

	gr.
Acide carbonique libre	0.2482
Silice	0.0340
Bicarbonate de chaux	0.1756
Id. de magnésie	0.0552
Id. de protoxyde de fer	0.0066
Id. de potasse	0.0131
Id. de lithine	0.0086
Id. de soude	1.5974
Sulfate de soude	0.0316
Arséniate de soude	traces faibles.
Chlorure de sodium	0.0537
Matières organiques	0.0015
	2.2205

Dates de l'analyse : 21 Septembre 1882.
(Voir le premier tableau de la page 90).

ARRONDISSEMENT DE PRIVAS (Suite).

Source Emilie ou Célestine de Vals.

	gr.
Acide carbonique libre	2.6632
Silice	0.1140
Bicarbonate de chaux	0.6120
Id. de magnésie	0.5190
Id. de protoxyde de fer	0.0139
Id. de potasse	0.1677
Id. de lithine	0.0443
Id. de soude	4.1832
Sulfate de soude	0.0450
Chlorure de sodium	0.1100
Matières organiques	0.0034
	8.4247

Date de l'analyse : 30 Décembre 1882.
(Voir l'analyse n° 7, au deuxième tableau de la page 89).

DÉPARTEMENT DE L'ARIÈGE.

ARRONDISSEMENT DE FOIX.

Eaux sulfureuses de Merens.

	Source des Bains.	Source de la Chalaneille.	Source de Saillens.
	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	»	0.0051	0 0142
Silice	0.0862	0.0865	0.0623
Bicarbonate de chaux	0.0752	0.0669	0.0478
Id. de magnésie	0.0067	0.0061	0.0041
Id. de protoxyde de fer	0.0028	0.0032	0.0025
Id. de soude	0.0958	0.0983	0.0692
Sulfate de soude	0.0293	0.0275	0.0243
Sulfure de sodium	0.0186	0.0217	0.0082
Chlorure de sodium	0.0258	0.0266	0.0112
Id. de potassium	0.0021	0.0024	0.0009
Matières organiques	0.0028	0.0029	0.0032
	0.3448	0.3492	0.2479

Date de l'analyse : 30 Avril 1881.

(Voir les analyses 1, 2, 3, au deuxième tableau de la page 90).

DÉPARTEMENT DE L'AUDE.

ARRONDISSEMENT DE LIMOUX.

Eau thermale d'Alet, source de la Commune.

	gr.
Acide carbonique libre	0.1522
Silice	0.0230
Bicarbonate de chaux	0.2045
Id. de magnésie	0.0541
Id. de protoxyde de fer	0.0048
Sulfate de chaux	0.0198
Chlorure de potassium	traces.
Id. de sodium	0.0183
Matières organiques	0.0024
	0.4791

Date de l'analyse : 29 Août 1884.

(Voir l'analyse n° 5, au premier tableau de la page 91).

DÉPARTEMENT DU CANTAL.

ARRONDISSEMENT DE MAURIAC.

Eau minérale de Saignes.

	gr.
Acide carbonique libre	1.7760
Silice	0.0650
Bicarbonate de chaux	0.9182
Id. de magnésie	0.9486
Id. de protoxyde de fer	0.0140
Id. de soude	1.0898
Sulfate de magnésie	0.7323
Id. de soude	9.2944
Chlorure de sodium	8.2069
Id. de potassium	0.6162
Matières organiques	traces.
	23.7114

Date de l'analyse : 27 Janvier 1881.
(Voir l'analyse n° 2, au premier tableau de la page 93).

DÉPARTEMENT DE LA CORSE.

ARRONDISSEMENT DE CORTE.

Source André, à Migliaciaro, commune de Solaro.

	gr.
Acide carbonique libre	0.8920
Silice	0.0550
Bicarbonate de chaux	1.9080
Id. de magnésie	0.5303
Id. de protoxyde de fer	0.0139
Sulfate de chaux	0.0163
Chlorure de potassium	0.1830
Id. de sodium	6.3993
Matières organiques	0.0030
TOTAL	9.5008

Date de l'analyse : 19 Août 1884.
(Voir l'analyse n° 2, au premier tableau de la page 94).

DÉPARTEMENT DE LA COTE-D'OR.

ARRONDISSEMENT DE BEAUNE.

Eau minérale de Santenay.

	gr.
Acide carbonique libre	0.1286
Silice	0.0345
Bicarbonate de chaux	0.2670
Id. de magnésie	0.0228
Id. de protoxyde de fer	0.0149
Sulfate de chaux	0.8767
Id. de magnésie	0.1512
Id. de soude	2.1962
Chlorure de sodium	5.2313
Id. de potassium	0.1953
Id. de lithium	0.0926
Matières organiques	traces.
	9.2111

Date de l'analyse : 31 Juillet 1880.

(Voir le deuxième tableau de la page 94).

DÉPARTEMENT DE L'HÉRAULT.

ARRONDISSEMENT DE BÉZIERS.

Eau ferrugineuse de La Malou le Centre (source de Villecelle).

	gr.
Silice	0.0200
Bicarbonate de chaux	0.0720
Id. de magnésie	0.0070
Id. de protoxyde de fer	0.0168
Sulfate de chaux	0.0163
Chlorure de sodium	0.0102
Id. de potassium	traces.
Matières organiques	0.0020
	0.1443

Date de l'analyse : 29 Août 1884.

(Voir l'analyse n° 8, au premier tableau de la page 97).

ARRONDISSEMENT DE SAINT-PONS.

Eau sulfatée magnésienne de Cruzy, canton de St-Chinian.

	gr.
Silice	0.0730
Bicarbonate de chaux	0.0830
Id. de protoxyde de fer	0.0079
Sulfate de chaux	traces.
Id. de magnésie	88.0863
Id. de soude	6.5456
Chlorure de sodium	6.1465
Id. de potassium	0.0642
Matières organiques	0.0125
	101.0190

Date de l'analyse : 8 Août 1883.

(Voir l'analyse n° 2, au deuxième tableau de la page 98).

ARRONDISSEMENT DE SAINT-PONS.

Eau ferrugineuse de Cambios.

	gr.
Acide carbonique libre	0.1014
Bicarbonate de chaux	0.0886
Id. de magnésie	0.0115
Id. de protoxyde de fer	0.0462
Sulfate de chaux	0.0058
Chlorure de potassium	traces.
Id. de sodium	0.0121
Silicate de soude	0.0072
Matières organiques	0.0245
	0.2973

Date de l'analyse : 16 Février 1880.

(Voir l'analyse n° 1, au deuxième tableau de la page 98).

DÉPARTEMENT DU JURA.

ARRONDISSEMENT DE POLIGNY.

Source du mont Rolland, à la Joux.

	gr.
Acide carbonique libre	0.0642
Silice	0.0325
Bicarbonate de chaux	0.5430
Id. de magnésie	0.1187
Id. de protoxyde de fer	0.0120
Sulfate de chaux	0.4998
Id. de magnésie	0.2271
Chlorure de potassium	0.0274
Id. de sodium	1.5416
Id. de lithium	traces notables.
Matières organiques	0.0030
	3.0693

Date de l'analyse : 21 Février 1880.

(Voir l'analyse n° 2, au deuxième tableau de la page 99).

DÉPARTEMENT DE LA LOIRE.

ARRONDISSEMENT DE ROANNE.

Eaux minérales de Sail-les-Bains.

	(1) Source des Romains.	(2) Source du Hamel.	(3) Source d'Urfé.	(4) Source Persigny	(5) Source dite sulfureuse	(6) Source Bellety.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	0.0224	0.0230	0.0228	0.0213	0.0255	0.0122
Silice	0.0280	0.0293	0.0320	0.0300	0.0310	0.0130
Bicarbonate de chaux	0.0468	0.0506	0.0484	0.0457	0.0496	0.0412
Id. de magnésie	0.0038	0.0047	0.0041	0.0035	0.0044	0.0026
Id. de protoxyde de fer	0.0023	0.0028	0.0037	0.0023	0.0026	traces.
Id. de soude	0.2582	0.2594	0.2644	0.2628	0.2658	0.0689
Sulfate de soude	0.0255	0.0274	0.0287	0.0267	0.0280	0.0108
Chlorure de sodium	0.0448	0.0456	0.0488	0.0432	0.0462	0.0032
Id. de potassium	0.0033	0.0030	0.0027	0.0030	0.0036	traces.
Matières organiques	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
	0.4351	0.4455	0.4506	0.4385	0.4562	0.1519

Date de l'analyse : 1er Avril 1882.

(Voir les analyses nos 1 à 6, au premier tableau de la page 100).

DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-LOIRE.

ARRONDISSEMENT DE BRIOUDE.

	(1) Source de St-Géron.	(2) Source de Lempdes.	(3) Source Marnac à Lempdes.	(4) Source le Scay à Vézézoux.	(5) Source de Condest du Sel à Beaumont.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre.	0.8084	0.5224	0.1478	1.7655	0.6822
Silice	0.0562	0.0138	0.0115	0.0400	9.0420
Bicarbonate de chaux	0.5789	0.0597	0.1430	0.2628	0.3070
Id. de magnésie	0.4919	0.0290	0.0460	0.0864	0.0920
Id. de protoxyde de fer	0.0128	0.0057	0.0071	0.0087	0.0135
Id. de potasse	0.0519	»	»	»	»
Id. de lithine	traces.	»	»	»	»
Id. de soude	0.8380	»	»	1.6728	3.9314
Sulfate de soude	0.0395	0.0159	»	0.0681	0.4020
Id. de chaux	»	0.0226	0.0554	»	»
Chlorure de potassium	»	traces.	traces.	0.0122	0.1037
Id. de lithium	»	»	»	tr. faibles	tr. faibles
Id. de sodium	0.0814	0.0118	0.0152	0.0434	0.8070
Arséniate de soude	»	»	»	»	»
Matières organiques	0.0030	0.0040	0.0030	traces.	traces.
	2.9620	0.6844	0.4290	3.9549	6.3808

Dates des analyses : (1 à 3) 28 Février et 16 Juin 1880 ; — (4, 5) 8 août 1881. (Voir les analyses nos 1 à 5, au premier tableau de la page 101).

ARRONDISSEMENT DE BRIOUDE (suite).

Eau minérales gazeuses et ferrugineuses du canton d'Auzon.

	(1) Source d'Azérat.	Sources de la Souchère. (2) Source ancienne.	(3) Source Séraphine.	(4) Source Ligonie.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	1.0590	1.9510	1.3876	1.8700
Silice	0.0370	0.0120	0.0100	0.0160
Bicarbonate de chaux	0.3932	0.0301	0.0252	0.1095
Id. de magnésie	0.3918	0.0115	0.0079	0.0288
Id. de protoxyde de fer	0.0314	0.0451	0.0394	0.0426
Id. de potasse	traces.	traces.	traces.	traces.
Id. de lithine	traces.	0.0081	0.0049	0.0073
Id. de soude	1.2170	0.0134	0.0068	0.0105
Sulfate de soude	0.0578	»	»	»
Chlorure de sodium	0.0285	»	»	»
Arséniate de soude	0.0026	»	»	»
Matières organiques	0.0013	0.0025	0.0022	0.0020
	4.2198	2.0787	1.4835	2.0867

Dates des analyses : (1) 27 Septembre 1882 ;— (2, 3, 4) 1er Septembre 1883. (Voir les analyses 1 à 4, deuxième tableau de la page 101).

ARRONDISSEMENT DU PUY.

Eau minérale de Montbel, à Saint-Paul de Tartas.

	gr.
Acide carbonique libre	1.1680
Silice	0.0780
Bicarbonate de chaux	0.1180
Id. de magnésie	0.1842
Id. de protoxyde de fer	0.0120
Id. de potasse	0.0447
Id. de lithine	traces notables.
Id. de soude	0.5236
Sulfate de soude	0.0133
Chlorure de sodium	0.0114
Matières organiques	0.0036
	2.1568

Date de l'analyse : 12 Février 1884.

(Voir l'analyse n° 2, au premier tableau de la page 102).

DÉPARTEMENT DE LA LOZÈRE.

Eaux ferrugineuses et gazeuses de Laval-Atger.

	(1) Source Ste-Marie Souveraine.	(2) Source Ste-Justine.	(3) Source Ste-Eulalie.
	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	2.0042	1.1054	1.6334
Silice	0.0480	0.0420	0.0540
Bicarbonate de chaux	0.6005	0.5213	0.5947
Id. de magnésie	0.2487	0.2364	0.2764
Id. de protoxyde de fer	0.0259	0.0196	0.0240
Sulfate de chaux	0.0125	0.0175	0.0139
Chlorure de potassium	0.0052	0.0048	.0055
Id. de sodium	0.0103	0.0096	0.0108
Matières organiques	0.0038	0.0040	0.0045
	2.9591	1.9567	2.6174

Date de l'analyse : 1er Septembre 1883.

(Voir les analyses nos 2, 3, 4, au deuxième tableau de la page 103).

DÉPARTEMENT DE LA MANCHE.

ARRONDISSEMENT DE CHERBOURG.

Eau ferrugineuse de Jobourg, source du Romaret.

	gr.
Acide carbonique libre	0.0844
Silice	0.0075
Bicarbonate de chaux	0.0354
Id. de magnésie	0.0079
Id. de protoxyde de fer	0.0295
Sulfate de chaux	0.0105
Chlorure de potassium	traces.
Id. de sodium	0.0561
Matières organiques	0.0082
	0.2345

Date de l'analyse : 11 Mai 1881.

(Voir l'analyse au deuxième tableau de la page 104).

DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-MARNE.

ARRONDISSEMENT DE LANGRES.

Source de la Rivière-sous-Aigremont, près Bourbonne-les-Bains.

	gr.
Silice	0.0185
Bicarbonate de chaux	0.3974
Id. de magnésie	0.0114
Id. de protoxyde de fer	0.0040
Sulfate de chaux	1.6028
Id. de magnésie	0.4755
Id. de soude	0.0671
Chlorure de sodium	0.0122
Id. de potassium	traces.
Matières organiques	0.0020
	2.5909

Date de l'analyse : 8 Décembre 1883.

(Voir l'analyse au premier tableau de la page 105).

DÉPARTEMENT DE LA NIÈVRE.

ARRONDISSEMENT DE CHATEAU-CHINON.

Eau sulfureuse de Saint-Honoré-les-Bains.

	gr.
Acide carbonique libre	0.0361
Silice	0.0480
Bicarbonate de chaux	0.1256
Id. de magnésie	0.0114
Id. de protoxyde de fer	0.0034
Id. de soude	0.0447
Sulfate de soude	0.0259
Sulfure de sodium	0.0171
Chlorure de sodium	0.2586
Id. de potassium	0.0183
Arsenic	traces très-faibles.
Iode	traces notables.
Matières organiques	0.0008
	0.5899

Date de l'analyse : 20 Août 1881.

(Voir l'analyse n° 1, au deuxième tableau de la page 105).

ARRONDISSEMENT DE NEVERS.

Eau minérale de Pougues (Source Saint-Léger).

	gr.
Acide carbonique libre	2.1178
Silice	0.0340
Bicarbonate de chaux	1.7020
Id. de magnésie	0.4035
Id. de protoxyde de fer	0.0059
Id. de potasse	0.0638
Id. de lithine	0.0035
Id. de soude	0.7812
Sulfate de soude	0.1767
Chlorure de sodium	0.2120
Matières organiques	0.0025
	5.5024

Date de l'analyse : 15 Juillet 1884.

(Voir l'analyse n° 6, au premier tableau de la page 106).

DÉPARTEMENT DU NORD.

ARRONDISSEMENT DE DOUAI.

Eaux des houillères d'Aniche.

	(1) Fosse St-Louis.	(2) Fosse Fénelon.	Puits de Roucourt. (3) Niveau de 165 mètres.	Puits de Roucourt. (4) Niveau de 235 mètres.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	0.1754	0.0564	»	»
Silice	0.0545	0.0520	0.0300	0.0350
Bicarbonate de chaux	0.1812	0.1052	0.2016	0.2189
Id. de magnésie	0.1153	0.1443	0.0368	0.0425
Id. de protoxyde de fer	0.0121	0.0133	0.0382	0.0411
Id. de soude	0.8470	0.5589	0.0338	0.0537
Sulfate de soude	1.0481	1.4381	0.4021	0.3655
Sulfure de sodium	»	»	»	0.0016
Chlorure de sodium	1.1597	0.6332	3.2795	2.3882
Id. de potassium	0.0366	0.0228	0.0244	0.0225
Matières organiques	»	»	0.0012	0.0088
	3.6299	3.1242	4.0476	3.1770

Dates des analyses : (1-2) 15 juin 1880 ; — (3-4) 17 Novembre 1882.
(Voir les analyses nos 1 à 4, au deuxième tableau de la page 106).

ARRONDISSEMENT DE VALENCIENNES.

Eau du Torrent d'Anzin, fosse Joseph Périer.

	(1) Niveau de 69 mètres.	(2) Niveau de 75 mètres.
	gr.	gr.
Silice	0.0700	0.0580
Sulfate de protoxyde de fer	0.6067	0.3249
Id. de péroxyde de fer	1.1410	0.7170
Id. de chaux	1.4960	1.2512
Id. de magnésie	0.9081	0.9189
Id. de soude	1.7725	2.0275
Chlorure de sodium	6.9686	7.0107
id. de potassium	0.1006	0.0915
Matières organiques	0.0020	0.0018
	13.0655	12.4015

Dates des analyses : (1) 11 Octobre 1881 ; — (2) 29 Novembre 1882.
(Voir les analyses nos 1 et 2, au premier tableau de la page 107).

ARRONDISSEMENT DE VALENCIENNES (Suite).

Eau minérale de Saint-Amand-les-Eaux.

Acide carbonique	
Silice	
Bicarbonate de chaux	0.[illegible]
Id. de magnésie	traces très-[illegible]
Id. de protoxyde de fer	traces notabl[illegible]
Sulfate de chaux	0.0008
Id. de magnésie	
Id. de soude	
Chlorure de sodium	
Id. de potassium	
Matières organiques	
	0.5899

Date de l'analyse : 11 Octobre 1882.

(Voir l'analyse n° 3, au premier tableau de la page 107).

[illegible] de carbonique libre ...
de magnésie ...
de protoxyde de fer ...
de soude ...

gr.
0.3058
0.01[illegible]0
0.2376
0.0576
0.0034
0.1224
0.0864
0.7870
0.0937
traces.
0.0085
[illegible].7204

[illegible] page 105).

[illegible]RS.

[illegible]er).

gr.
2.1178
0.0840
1.7020
0.4035
0.0059
0.0633
0.0035
0.7812
0.1767
0.2120
0.0025
5.5024

DÉPARTEMENT DU PAS-DE-CALAIS.

ARRONDISSEMENT DE BÉTHUNE.

Eau salée des houillères de Ferfay.

	à 492 m.
	gr.
Silice	0.0480
Bicarbonate de chaux	0.0806
Id. de magnésie	0.0183
Id. de protoxyde de fer	0.0071
Chlorure de calcium	1.1544
Id. de magnésium	0.6333
Id. de potassium	0.0188
Id. de sodium	14.5084
Sulfate de soude	traces.
Matières organiques	0.0030
	16.4714

[illegible] l'analyse : 30 [illegible]e 1882.

[illegible] premier [illegible]ge 108).

DÉPARTEMENT DU PUY-DE-DOME.

ARRONDISSEMENT DE CLERMONT-FERRAND.

Eaux minérales de Royat.

	(1) Source César.	(2) Source St-Marc.	(3) Source St-Victor.	(4) Source Eugénie.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	1.0979	1.4358	1.5560	1 1222
Silice	0.0724	0.0915	0.0985	0.0924
Bicarbonate de chaux	0.6385	0.9107	1.0460	1.0241
Id. de magnésie	0.3631	0.6327	0.6560	0.6676
Id. de protoxyde de fer	0.0193	0.0186	0.0252	0.0248
Id. de potasse	0.1267	0.2013	0.1826	0.1901
Id. de soude	0.4974	0.9515	0.9919	0.0645
Id. de lithine	0.0276	0.0416	0.0483	0.0445
Chlorure de sodium	0 6512	1.5467	1.6586	1.6698
Sulfate de soude	0.0914	0.1553	0.1528	0.1493
Arséniate de soude	0.00046	0.00092	0.00261	0.00044
Borate de soude	tr. faibles.	tr. notables	tr. notables	traces.
	3.58596	5.98662	6.41801	5.04874

Dates des analyses : (1 à 3), 27 Mai 1879 ; (4), 31 Juillet 1879.
(Voir les analyses nos 2 à 5, au deuxième tableau de la page 109).

ARRONDISSEMENT D'ISSOIRE.

Eau minérale du Mont-Rognon, commune de Grandeyrol (1).
Id. du Bard, à Saint-Germain-Lambron (2).
Id. de la Réveille, à Seix, commune de Sauxillange (3).
Id. du Mont Cornadore, à St-Nectaire-le-Haut (4 et 5).

	(1)	(2)	(3)	(4) Source romaine.	(5) Source nouvelle.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	2.2788	1.7898	1.4667	1.3656	1.3030
Silice	0.0850	0.0870	0.0560	0.0825	0.1260
Bicarbonate de chaux	0.5098	0.7963	0.3110	0.4586	0.7092
Id. de magnésie	0.5071	0.5528	0.1842	0.2225	0.3459
Id. de protoxyde de fer	0.0240	0.0092	traces.	0.0080	0.0175
Id. de potasse	0.1826	0.2683	2.2100	0.8869	0.1896
Id. de lithine	0.0251	0.0322	0.0450	0.0373	0.0223
Id. de soude	1.5354	2.6505	0.0085	1.7804	1.1597
Sulfate de soude	0.0280	0.0475	0.0722	0.1310	0.0912
Arséniate de soude	0.0014	1.0760	traces.	0.0088	0.0009
Chlorure de sodium	0.6398	0.0024	»	1.7095	1.1803
Matières organiques	0.0040	»	»	0.0040	traces.
	5.8210	7.3120	4.3536	6.5946	5.1456

Dates des analyses : (1) 21 Septembre 1882 ; — (2) 30 Décembre 1882 ; — (3) 25 [Jan]vier 1882 ; — (4) 4 Juin 1879 ; — (5) 31 Juillet 1880.
(Voir les analyses nos 1 à 3, au deuxième tableau de la page 111, et les analyses 5 et 6, au premier tableau de la page 111).

ARRONDISSEMENT DE VALENCIENNES (Suite).

Eau minérale de Saint-Amand-les-Eaux.

	gr.
Acide carbonique libre	0.0058
Silice	0.0180
Bicarbonate de chaux	0.2376
Id. de magnésie	0.0576
Id. de protoxyde de fer	0.0034
Sulfate de chaux	0.1224
Id. de magnésie	0 0864
Id. de soude	0.0870
Chlorure de sodium	0.0937
Id. de potassium	traces.
Matières organiques	0.0085
	0.7204

Date de l'analyse : 11 Octobre 1882.

(Voir l'analyse n° 8, au premier tableau de la page 107).

DÉPARTEMENT DU PAS-DE-CALAIS.

ARRONDISSEMENT DE BÉTHUNE.

Eau salée des houillères de Ferfay.

	à 492 m.
	gr.
Silice	0.0480
Bicarbonate de chaux	0.0806
Id. de magnésie	0.0183
Id. de protoxyde de fer	0.0071
Chlorure de calcium	1.1544
Id. de magnésium	0.6833
Id. de potassium	0.0188
Id. de sodium	14.5084
Sulfate de soude	traces.
Matières organiques	0.0030
	16.4714

Date de l'analyse : 30 Décembre 1882.

(Voir le premier tableau de la page 108).

DÉPARTEMENT DU PUY-DE-DOME.

ARRONDISSEMENT DE CLERMONT-FERRAND.

Eaux minérales de Royat.

	(1) Source César.	(2) Source St-Marc.	(3) Source St-Victor.	(4) Source Eugénie.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	1.0979	1.4358	1.5560	1 1222
Silice	0.0724	0.0915	0.0985	0.0924
Bicarbonate de chaux	0.6385	0.9107	1.0460	1.0241
Id. de magnésie	0.3631	0.6327	0.6560	0.6676
Id. de protoxyde de fer	0.0193	0.0186	0.0252	0.0248
Id. de potasse	0.1267	0.2013	0.1826	0.1901
Id. de soude	0.4974	0.9515	0.9919	0.0645
Id. de lithine	0.0276	0.0416	0.0483	0.0445
Chlorure de sodium	0 6512	1.5467	1.6586	1.6698
Sulfate de soude	0.0914	0.1553	0.1523	0.1493
Arséniate de soude	0.00046	0.00092	0.00261	0.00044
Borate de soude	tr. faibles.	tr. notables	tr. notables	traces.
	3.58596	5.98662	6.41801	5.04874

Dates des analyses : (1 à 3), 27 Mai 1879 ; (4), 31 Juillet 1879.
(Voir les analyses n[os] 2 à 5, au deuxième tableau de la page 109).

ARRONDISSEMENT D'ISSOIRE.

Eau minérale du Mont-Rognon, commune de Grandeyrol (1).
Id. du Bard, à Saint-Germain-Lambron (2).
Id. de la Réveille, à Seix, commune de Sauxillange (3).
Id. du Mont Cornadore, à St-Nectaire-le-Haut (4 et 5).

	(1)	(2)	(3)	(4) Source romaine.	(5) Source nouvelle.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	2.2788	1.7898	1.4667	1.3656	1.8080
Silice	0.0850	0.0870	0.0560	0.0825	0.1260
Bicarbonate de chaux	0.5098	0.7963	0.3110	0.4586	0.7092
Id. de magnésie	0.5071	0.5528	0.1842	0.2225	0.3459
Id. de protoxyde de fer	0.0240	0.0092	traces.	0.0080	0.0175
Id. de potasse	0.1826	0.2683	2.2100	0.8869	0.1896
Id. de lithine	0.0251	0.0322	0.0450	0.0373	0.0228
Id. de soude	1.5354	2.6505	0.0085	1.7804	1.1597
Sulfate de soude	0.0280	0.0475	0.0722	0.1810	0.0912
Arséniate de soude	0.0014	1.0760	traces.	0.0088	0.0009
Chlorure de sodium	0.6398	0.0024	»	1.7095	1.1803
Matières organiques	0.0040	»	»	0.0040	traces.
	5.8210	7.8120	4.3536	6.5946	5.1456

Dates des analyses : (1) 21 Septembre 1882 ; — (2) 30 Décembre 1882 ; — (3) 25 Février 1882 ; — (4) 4 Juin 1879 ; — (5) 31 Juillet 1880.
(Voir les analyses n[os] 1 à 3, au deuxième tableau de la page 111, et les analyses n[os] 5 et 6, au premier tableau de la page 111).

ARRONDISSEMENT DE RIOM.

Eaux minérales de Chatel-Guyon.

	(1) Source Deval.	(2) Source du Sardon.	(3) Source Nouvelle.
	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	1.2188	1.1718	1.2830
Silice	0.1080	0.1120	0.1170
Bicarbonate de chaux	2.4697	2.4971	2.4497
Id. de magnésie	0.4215	0.3866	0.3630
Id. de protoxyde de fer	0.0265	0.0335	0.0284
Chlorure de magnésie	1.2168	1.1569	1.2085
Id. de potassium	0.1798	0.1617	0.1676
Id. de lithium	0.0250	0.0200	0.0250
Id. de sodium	1.8436	1.9709	1.8221
Sulfate de soude	0 5215	0.5262	0.5800
Arséniate de soude	traces.	traces.	traces.
Matières organiques	traces.	traces.	traces.
	8.0312	8.0367	7.5948

Date de l'analyse : 31 Mars 1879.

(Voir les analyses au premier tableau de la page 112).

ARRONDISSEMENT DE RIOM (Suite).

Eaux minérales de Châteauneuf-les-Bains et de Chappes.

	Châteauneuf. (Source Chevarier). (1)	Eaux de Chappes.	
		(2)	(3)
	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	1.2744	2.0032	2.4956
Silice	0.0560	0.0300	0.0320
Bicarbonate de chaux	0.2952	1.4472	1.6272
Id. de magnésie	0.1062	0.6342	0.8070
Id. de protoxyde de fer	0.0075	0.0052	0.0058
Id. de soude	1.2212	»	»
Sulfate de magnésie	»	0.2376	0.2808
Id. de soude	0.2168	0.0844	0.0820
Chlorure de sodium	0.2180	0.3546	0.3180
Id. de potassium	0.0170	0.0438	0.0488
Id. de lithium	traces.	traces.	traces.
Matières organiques	0.0035	0.0025	0.0038
	3.4158	4.8422	5.7005

Dates des analyses : (1), 2 Mai 1883 ; — (2-3), 24 Mai 1883.

(Voir les analyses n°s 1 à 3, au deuxième tableau de la page 112).

DÉPARTEMENT DES HAUTES-PYRÉNÉES.

ARRONDISSEMENT DE BAGNÈRES-DE-BIGORRE.

Eau de la colline du Salut (anciens bains Tivoli).

	gr.
Acide carbonique libre	0.1554
Silice	0.0255
Bicarbonate de chaux	0.1041
Id. de magnésie	0.0250
Id. de protoxyde de fer	0.0106
Sulfate de chaux	1.9098
Id. de magnésie	0.1959
Id. de soude	0.0892
Chlorure de sodium	0.1791
Id. de potassium	0.0152
Matières organiques	0.0025
	2.7123

Date de l'analyse : 30 Avril 1880.

(Voir l'analyse n° 2, au 2e tableau de la page 118).

DÉPARTEMENT DES PYRÉNÉES-ORIENTALES.

ARRONDISSEMENT DE CÉRET.

Source de Moulas, commune du Boulou (1).
Source Anna, commune de l'Écluse (2).

	(1)	(2)
	gr.	gr.
Acide carbonique libre	1.5880	1.6240
Silice	0.0642	0.0315
Bicarbonate de chaux	1.5192	1.0591
Id. de magnésie	0.2188	0.2595
Id. de protoxyde de fer	0.0297	0.0080
Id. de soude	0 0385	0.3922
Sulfate de soude	0.0584	0.0701
Chlorure de sodium	0.0285	0.0812
Id. de potassium	traces	0.0114
Matières organiques	traces.	traces.
	3.5453	3.5370

Dates des analyses : (1) 23 Août 1880. — (2) 9 Mars 1881.

(Voir les analyses 1 et 2, au premier tableau de la page 114).

DÉPARTEMENT DE SAONE-ET-LOIRE.

ARRONDISSEMENT DE CHAROLLES.

Grande source Limbe, à Bourbon-Lancy.

	gr.
Silice	0.0450
Bicarbonate de chaux	1.2344
Id. de magnésie	0.0670
Id. de protoxyde de fer	0.0200
Chlorure de magnésium	0.0300
Id. de potassium	0.0996
Id. de lithium	0.0029
Id. de sodium	1.2520
Sulfate de soude	0.1230
Matières organiques	0.0125
	2.8864

Date de l'analyse : 23 Août 1883.
(Voir l'analyse n° 4, au deuxième tableau de la page 114).

DÉPARTEMENT DE LA SAVOIE.

ARRONDISSEMENT DE MOUTIERS (1-2).

ARRONDISSEMENT DE SAINT-JEAN DE MAURIENNE (3).

	(1) Eau minérale de Brides.	(2) Eau minérale de Bourg-St-Maurice.	(3) Eau minérale de l'Échaillon.
	gr.	gr.	gr.
Acide carbonique libre	0.1258	1.1120	0.0281
Silice	0.0340	0.0400	0.0425
Bicarbonate de chaux	0.4032	1.0944	0.6379
Id. de magnésie	0.0230	0.0620	0.0460
Id. de protoxyde de fer	0.0191	0.0049	0.0106
Sulfate de chaux	1.7680	1.2072	0.8447
Id. de magnésie	0.5079	1.2268	0.3351
Id. de soude	1.2576	0.1775	0.2206
Chlorure de sodium	1.9471	0.0048	3.6071
Id. de potassium	0.0899	traces.	0.0275
Id. de lithium	tr.notables	»	»
Matières organiques	0.0052	0.0022	traces.
	6.1808	3.9308	5.8001

Dates des analyses : (1) 30 Mai 1882. — (2) 21 Septembre 1882. — (3) 11 Avril 1881.
(Voir les analyses n[os] 3 et 4, au deuxième tableau de la page 115, et l'analyse n° 2, au premier tableau de la page 115).

DÉPARTEMENT DE SEINE-ET-OISE.

ARRONDISSEMENT DE PONTOISE.

Eau ferrugineuse de Montmorency.

	gr.
Acide carbonique libre	0.0733
Silice	0.0456
Bicarbonate de chaux	0.0293
Id. de magnésie	0.0160
Id. de protoxyde de fer	0.0295
Chlorure de sodium	0.1019
Id. de potassium	traces.
Sulfate de chaux	0.1836
Matières organiques	0.0080
	0.4872

Date de l'analyse : 24 Août 1882

(Voir le deuxième tableau de la page 117).

DÉPARTEMENT DU VAR.

ARRONDISSEMENT DE DRAGUIGNAN.

Source de la Pioule, canton du Luc en Provence.

	gr.
Acide carbonique libre	0.0823
Silice	0.0360
Bicarbonate de chaux	0.4234
Id. de magnésie	0.0288
Id. de protoxyde de fer	0.0055
Sulfate de chaux	0.1360
Id. de magnésie	0.0918
Chlorure de potassium	0.0009
Id. de sodium	0.0195
Matières organiques	0.0027
	0.8269

Date de l'analyse : 29 Août 1884.

(Voir le deuxième tableau de la page 118).

DÉPARTEMENT DES VOSGES.

ARRONDISSEMENT DE NEUFCHATEAU.

Eau de la Fontaine de fer, à Aroffe.

	gr.
Acide carbonique libre	0.0839
Silice	0.0150
Bicarbonate de chaux	0.4116
Id. de magnésie	0.0798
Id. de protoxyde de fer	0.0255
Sulfate de chaux	0.1551
Id. de soude	0.0180
Chlorure de sodium	0.0185
Id. de potassium	0.0015
Acide arsénique	absence.
Matières organiques	0.0122
	0.8211

NOTA. — Dépôt dans les bouteilles: par litre, peroxyde de fer 0.0140.
Date de l'analyse : 23 Janvier 1884.
(Voir l'analyse n° 4, au deuxième tableau de la page 120).

DÉPARTEMENT DE L'YONNE.

ARRONDISSEMENT D'AUXERRE.

Eau minérale de Montfort, commune de Montigny-la-Resle.

	gr.
Silice	0.0160
Bicarbonate de chaux	0.3773
Id. de magnésie	0.0165
Id. de protoxyde de fer	0.0059
Sulfate de chaux	1.3016
Id. de magnésie	0.5622
Id. de soude	0.1205
Chlorure de sodium	0.1223
Id. de potassium	0.0311
Id. de luthium	traces faibles.
Matières organiques	0.0085
	2.5569

Date de l'analyse : 9 Janvier 1884.
(Voir le deuxième tableau de la page 122).

NOTE

SUR

L'EAU MINÉRALE SULFATÉE MAGNÉSIENNE

DE CRUZY (HÉRAULT).

Par M. BRACONNIER, ingénieur des mines.

Dans le commencement de l'année 1884, M. Gilles, exploitant de gypse à Cruzy, canton de Saint-Chinian, arrondissement de Saint-Pons (Hérault), a fait la découverte d'une source d'eau minérale sulfatée magnésienne dont la richesse en principes minéralisateurs paraît dépasser celle de toutes les sources analogues connues jusqu'aujourd'hui.

L'analyse faite au laboratoire de l'École des Mines a donné en effet les résultats suivants pour le résidu fixe par litre (*) :

Silice.	0g,0730
Carbonate de chaux.	0 ,0576
Peroxyde de fer.	0 ,0040
Sulfate de magnésie.	88 ,0863
Sulfate de soude.	6 ,5456
Chlorure de potassium.	0 ,0642
Chlorure de sodium.	6 ,1465
Matières organiques.	0 ,0125
Total par litre. . .	100g,9897

(*) Voir, pour la composition de l'eau elle-même, le premier tableau de la page 129.

Cette source émerge au fond d'un puits de 14 mètres de profondeur pratiqué dans une ancienne carrière de gypse épuisée; elle sort d'un petit trou de sonde pratiqué dans des couches presque verticales d'anhydrite. Son débit est de 2^{l},35 par minute. L'eau coule très fraîche et très limpide; les fissures de la roche autour du point d'émergence sont remplies de sulfate de magnésie cristallisé, fibreux. L'obturation prolongée du trou de sonde fait acquérir à l'eau une force ascensionnelle de 4 mètres; en débouchant le trou de sonde on obtient un débit de 100 litres à la minute, qui redescend en quelques heures au débit normal.

BULLETIN DES TRAVAUX DE CHIMIE

EXÉCUTÉS EN 1883

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES

DANS LES LABORATOIRES DÉPARTEMENTAUX

I. — LABORATOIRE DE CLERMONT-FERRAND

Travaux de M. DE BÉCHEVEL, ingénieur des mines (EXTRAIT).

§ 1. — MINERAIS.

1° à 3° *Minerai de plomb argentifère.* — Trois échantillons provenant del a commune de Blot-l'Eglise (Puy-de-Dôme), envoyés par M. Ursat.

a. Minerai renfermant du carbonate de plomb, d'aspect terreux

Plomb : 16 ou 17 p. 100.
Argent : 480 grammes par tonne de minerai.

b. Plomb : 30 à 33 p. 100.

Argent	766 grammes par tonne de minerai.	
	2^k,550 grammes —	de plomb d'œuvre.

c. Minerai à gangue quartzeuse, galène à grain fin du filon de Villards.

Plomb	rendement au laboratoire..........	39 p. 100
	rendement industriel probable......	37 p. 100
Argent	Teneur par tonne de minerai......	1^k,400
	Teneur probable par tonne de plomb d'œuvre....................	3^k,780

4° et 5° *Galène argentifère*. — Deux échantillons provenant d'un filon de baryte, situé aux Rochades, commune de Josat, canton de Paulhaguet (Haute-Loire). Envoi de M. Bigner.

a. Galène à grandes lamelles cristallines, associé à du sulfate de baryte, à du quartz et à du spath-fluor.

Gangues terreuses : 18,46 p. 100.
Plomb : .... 75 p. 100.
Argent { 8^k,500 par tonne de minerai.
4^k,650 — de plomb d'œuvre.

b. Minerai blendeux : galène en petits cristaux et blende cristallisée mélangée avec elle, quartz et sulfate de baryte.

Plomb : 6 à 7 p. 100 par tonne de minerai brut.
Argent : 1 k. 040 gr. d°

6° *Minerai de plomb carbonaté* provenant des travaux de recherche effectués à Châteauneuf par M. Maréchal.

Carbonate fibreux, avec gangue quartzeuse.
Composition centésimale :

Gangue insoluble....................	39,33 p. 100
Fer (Fe).......	2,45
Plomb............................	44,10
Argent	0,20
Acide carbonique....................	9,37

Correspondant à

Gangue...........................	39,33 p. 100
Carbonate de plomb.................	56,88
Peroxyde de fer....................	3,50
Argent............................	0,20
Matières non dosées.	0,09

§ 2. Combustibles.

1° *Anthracite*. — Échantillon provenant des travaux de M. Cornet, à Saint-Maurice (Puy-de-Dôme).

Eau de mouillage	1.60
Teneur en cendres	18
Matières volatiles autres que l'eau de mouillage	12,30
Matières volatiles rapportées au combustible supposé privé de cendres	15,30

2° *Lignite.* — Échantillon provenant du Monastier (Haute-Loire), envoyé par M. Scharff, percepteur.

Lignite schisteux, noir, très dur, contenant quelques empreintes végétales qui se détachent en brun clair sur le fond noir du lignite.

Eau de mouillage distillable à 100°	15,80
Matières volatiles	40,50
Teneur en cendres	8,50
Carbone fixe (défalcation faite des cendres)	35,20
Total	100,00

Pouvoir calorifique : 3274 calories.

3° *Houille.* — Echantillon provenant des travaux de recherche de MM. Manigler et Piala, dans le bassin de Brassac, première couche du puits de Rilhac.

Charbon brillant, régulièrement stratifié, facilement clivable, parallèlement et perpendiculairement aux strates.

Charbon gras, susceptible de donner un coke très poreux.

	p. 100
Rendement en coke	72,50
Matières volatiles	27,50
Cendres	16,50

§ 3. — Divers.

1° à 3° *Sables.* — Trois échantillons présentés par M. Casati, directeur des verreries de Mégecoste.

a. Sable du Rhône.
b. Sable de l'Allier.
c Sable d'Aigues-Mortes.

	a	*b*	*c*
	p. 100	p. 100	p. 100
Perte au feu	14,75	1,60	11.00
Silice	50,30	75,70	62,20
Chaux (C^aO)	19,70	2,10	18,10
Magnésie (M_gO)	1,00	1,60	1,00
Alcalis	2,81	4,00	1,75
Alumine et fer ($Al^2O^3.Fe^2O^3$)	11,35	15,00	11,00

4° *Domite*. — Échantillon remis par M. Casati.

Silice	66,15 p. 100
Alumine	17,30
Protoxyde de fer (FeO)	4,19
Chaux	1,76
Magnésie	Traces.
Potasse	8,70
Soude	1,90

II. — LABORATOIRE DE MARSEILLE.

Travaux de M. OPPERMANN, ingénieur des mines (Extrait).

§ 1. — Combustibles.

1° *Lignite*. — Envoi de M. Henriet, ingénieur en chef des mines de l'empire ottoman.

Provient des mines de Kymi, situées sur la côte orientale de l'île d'Eubée, non loin de la mer. Échantillon d'un beau noir luisant tirant quelque peu sur le jayet.

Le coke est pulvérulent, les cendres grises.

Matières volatiles	0,610
Carbone fixe	0,339
Cendres	0,051
	1,000
Pb avec PbO	17,300
Carbone équivalent	0,509
Id. aux mat. volatiles.	0,170

2° *Lignite.* — Envoi de M. Rave, à St-Zacharie.

Provient de la concession de St-Victor (Var), de la couche dite « Mauvaise mine » dont la puissance totale est de 1m,65, mais qui n'a guère que 0m,60 d'utile. L'exploitation de cette mine, abandonnée depuis un certain nombre d'années, a été reprise en 1882. Echantillon noir assez brillant, mais friable. Le coke est pulvérulent, les cendres gris-rosé.

Matières volatiles	0,485
Carbone fixe	0,389
Cendres	0,126
	1,000
Pb avec PbO	17,470
Carbone équivalent	0,514
Id. aux mat. volatiles.	0,125

3° *Lignite.* — Envoi de M. Curtil, à Marseille.

Provient de recherches de mine de lignite effectuées au N.N.O. de Géménos (Bouches-du-Rhône), entre Géménos et le hameau de St-Jean-de-Garguier. Ces recherches consistent en un puits vertical de 32m qui a recoupé 4 petites couches sans importance, et en un puits incliné à 45°, situé à 103m au sud du puits vertical, percé à peu près normalement à la stratification du terrain, qui

a rencontré une première couche de lignite de $0^m,40$, à $13^m,70$ de la surface, puis une deuxième couche de charbon pur à $18^m,50$ de profondeur. La direction de cette couche est Nord 5° Est (vrai), et son inclinaison de 21° vers l'Ouest. Le terrain qui contient ce gisement paraît pouvoir être assimilé à celui qui renferme, dans le Var, les lignites de St-Zacharie. Le charbon est terne et de qualité inférieure. Le soufre existe surtout à l'état de $CaO.SO^3$.

Les travaux continuent. M. Curtil a obtenu une autorisation de disposer des produits de ses recherches à la date du 3 avril 1883. Une demande en concession est en instance.

Matières volatiles	0,493
Carbone fixe	0,297
Cendres	0,210
	1,000
Pb avec PbO	14,125
Carbone équivalent	0,415
Id. aux mat. volatiles	0,118
Soufre	0,030

4° *Houille maigre.* — Envoi de M[me] Régnier, à Marseille.

Provient de la concession du Pourraciers (Alpes-Maritimes). Cette concession, récemment instituée, n'a pu encore être exploitée par suite de la difficulté des communications, situation qui parait devoir cesser par suite de l'ouverture de la route de Toudon à Gilette. C'est une houille maigre pénétrée de veinules de sulfate de chaux. Le coke est pulvérulent, les cendres rougeâtres.

Matières volatiles	0,213
Carbone fixe	0,557
Cendres	0,230
	1,000
Pb avec PbO	22,000
Carbone équivalent	0,647
Id. aux mat. volatiles	0,090

5° à 7° *Houille.* — Envoi de MM. Savon frères, entrepositaires, à Marseille.

Ces 3 échantillons sont des menus de houille anglaise, venant de Cardiff. Ces charbons sont consommés dans les usines de Marseille et se vendent de 25 à 26 fr. la tonne.

a. Coke pulvérulent, cendres grises.

b. Coke assez fortement agglutiné, condres grises.

c. Coke légèrement agglutiné, id.

	a	*b*	*c*
Matières volatiles	0,144	0,138	0,148
Carbone fixe	0,631	0,729	0,764
Cendres	0,225	0,133	0,088
	1,000	1,000	1,000
Pb avec PbO	25,500	28,020	30,140
Carbone équivalent	0,750	0,824	0,883
Id. aux matières volatiles.	0,119	0,095	0,119

8° *Schiste bitumineux.* — Envoi de MM. de Possel et Cie, à Marseille.

Provient de la mine de Boson (Var). Les schistes de la mine de Boson ont été utilisés sur place pendant un certain temps pour la production d'huile minérale, mais cette fabrication a cessé à la suite de la disparition des droits d'entrée en France pour les produits similaires étrangers. L'exploitation a été faiblement reprise en 1883, puis abandonnée tout récemment.

Matières volatiles	0,483
Carbone fixe	0,165
Cendres	0,352
	1,000
Pb avec PbO	15,700
Carbone équivalent	0,461
Id aux mat. volatiles.	0,296

9° *Dusodyle.* — Rapporté par M. Benoît, ingénieur en chef des mines; a été trouvé à 2 kilomètres d'Apt (Vaucluse), formant une petite couche dans un terrain en prolongement probable du gisement de soufre de Saignon ; cette substance se présente en feuilles grisâtres, minces, brûlant assez facilement avec une odeur de caoutchouc brûlé ; elle ne renferme pas de carbone fixé ; traitée par le sulfure de carbone, elle a abandonné des traces sensibles de matières bitumineuses.

Matières volatiles	0,568
Cendres	0,432
	1,000
Pb. avec PbO	8,450
Carbone équivalent	0,251

Composition des cendres :

Chaux	0,266
Silice	0,055
Alumine	0,103
Magnésie	0,008
	0,432

§ 2. — Calcaires, Chaux.

1° *Calcaire à chaux grasse.* — Envoi de M. Légier, maire de St-Savournin (Bouches-du-Rhône). Provient des couches calcaires appartenant au crétacé inférieur qu'on rencontre au voisinage et au sud du plateau de La Pomme, non loin du terrain de Fuveau. C'est un calcaire blanc, à texture compacte, sensiblement pur, utilisé pour la fabrication de la chaux grasse.

CaO	0,558
CO^2, etc. (par différence)	0,442
	1,000

2° *Chaux.* — Envoi de M. Rastoin, à Marseille. Echantillon de chaux fabriquée à titre d'essai avec du calcaire appartenant à la formation du lias et provenant des collines de St-Marc, près Aix (Bouches-du-Rhône).

Ce produit ne paraît devoir donner qu'une chaux faiblement hydraulique.

CaO	0,831
SiO^2	0,107
Al^2O^3	0,062
	1,000

3° *Dolomie.* — Envoi de M. Guigues ; provient de Carris (Alpes-Maritimes) ; a été trouvée en amas lenticulaires dans des travaux de recherche de mines de houille. Cette substance, très dure, très dense, et à peine colorée, a tout à fait le facies du calcaire lithographique.

C'est une dolomie compacte, ferrugineuse dont la teneur en fer est très remarquable. Il est probable que le fer s'y trouve, en partie, à l'état carbonaté et en partie à l'état silicaté.

SiO^2	0,062
Al^2O^3	0,105
Fe^2O^3	0,173
MgO	0,187
CaO	0,056
Perte au feu	0,417
	1,000

4° à 10° *Calcaires à chaux hydraulique.* — Envoi de M. Lauzier, directeur de l'exploitation des Mines de charbon des Alpes. Tous ces échantillons proviennent de Volx (Basses-Alpes), et ont été pris sur une série de couches appartenant au terrain infracréacé qui forme en ce point la vallée où coule le Largue. La chaux fabriquée avec ces calcaires est une excellente chaux hydraulique

qui résiste très bien ua style Vicat après quelques jours d'immersion.

a. Gris pâle, assez tendre.
b. Gris de fumée, dur.
c. Terne, très dur.
d. Gris pâle, dur.
e. Gris de fumée, assez dur.
f. Gris pâle, compact, très dur.
g. Gris, aspect terreux, tendre.

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*
Silice	0,133	0,117	0,148	0,123	0,131	0,098	0,098
Alumine........................	0,050	0,046	0,057	0,044	0,075	0,043	0,071
Peroxyde de fer................	traces	traces	traces	traces	traces	traces	traces
Chaux	0,453	0,464	0,441	0,462	0,444	0,474	0,462
Eau et acide carbonique........	0,364	0,373	0,354	0,371	0,350	0,385	0,369
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

§ 3. — Minerais.

1° *Galène*. — Envoi de M. Roux, à Marseille. Provient de recherches faites par ce dernier dans sa propriété des Bormettes, près Hyères (Var), sur un filon qui a été très anciennement le siège d'une exploitation. C'est une galène bleudeuse à petites facettes. Il a été accordé un permis de disposer des produits des recherches.

Essai par voie sèche :

Plomb	50 p. 100
Argent aux 100k de plomb d'œuvre	87 grammes.

2ᵉ et 3°. *Cuivre carbonaté et cuivre gris.* — Envoi de M. Bergeret, à Marseille. Ces échantillons proviennent de recherches faites sur des terrains appartenant à la commune de Surville (Isère), au quartier de Brame-farine, à une altitude très élevée. L'intéressé a obtenu un permis, aujourd'hui expiré, de disposer des produits de ses recherches, qu'il se propose d'ailleurs de poursuivre.

a. Mélange de carbonate vert et bleu avec gangue ocreuse abondante, pris à la partie supérieure d'un filon de 0^m,80.

b. Cuivre gris de très bonne apparence avec traces de carbonate vert à la surface, provenant d'un petit filon croiseur de 0^m,15.

	a	*b*
Gangue insoluble	0,224	0,061
Cuivre	0,127	0,309
Soufre	»	0,117
Arsenic et antimoine	»	0,205
Fer, zinc, etc., non dosés	0,649	0,308
	1,000	1,000
Argent	»	0,001

§ 4. — Divers.

1° *Argile.* — Envoi de M. Gossiaux, directeur de l'exploitation des mines de Gardanne; provient des environs de Luynes (Bouches-du-Rhône). Argile douce au toucher, grisâtre, ne paraît pas pouvoir être utilisée dans l'industrie céramique, elle est trop riche en chaux.

Silice	0,199
Alumine	0,143
Peroxyde de fer	traces
Chaux	0,280
Eau, acide carbonique, etc	0,378
	1,000

2° *Dépôt de chaudière à vapeur*. — Dépôt grisâtre à structure feuilletée, provient d'une chaudière à bouilleurs qui a fait explosion le 12 janvier 1883, dans une huilerie, à Marseille. Le bouilleur de droite s'est déchiré transversalement au voisinage de la rivure du coup de feu, sur une longueur de $0^m,45$. On employait pour l'alimentation un mélange d'eau de puits et d'eau du canal de Marseille. La matière réduite en poudre se laissait difficilement mouiller par l'eau. L'échantillon analysé a été pris près du point de rupture, il contenait des traces sensibles de matière grasse.

Résidu siliceux	0,184
Chaux	0,263
Magnésie	0,063
Peroxyde de fer	0,007
Acide sulfurique	0,379
Perte au feu	0,104
	1,000

3° *Eau minérale*. — Envoi de M. Bergeret, à Marseille ; provient de Monestier-de-Clermont (Isère). Cette source, exploitée depuis longtemps, donne une eau gazeuse, ferrugineuse et alcaline. On a opéré sur de l'eau en bouteille telle qu'on la livre à la consommation.

M. Bergeret, concessionnaire, désirait savoir seulement si la teneur en protoxyde de fer, qui avait été trouvée égale à $0^g,030$ par litre, dans des analyses déjà anciennes, n'avait pas changé. Les chiffres ci-dessous font voir que la teneur en fer de cette eau a notablement diminué.

Protoxyde de fer, par litre	$0^g,018$

4° *Eau sulfureuse.* — Envoi de M. Buisson ; provient de sources rencontrées dans les travaux d'exploitation de la mine de lignite de Gaude (Basses-Alpes). On a reçu, à la source, l'eau dans une bouteille contenant un peu d'azotate d'argent, puis le précipité a été repris par AzH^4O qui a dissous tous les sels d'argent sauf le sulfure, lequel a servi à déterminer le soufre. Cette eau renferme également des sulfates en quantité appréciable.

Soufre, par litre........................ 0g,031

III. — LABORATOIRE DE MÉZIÈRES.

Travaux de M. HENRIOT, ingénieur des mines (EXTRAIT).

1° et 2° *Eaux.*

a. Eau du puits de siège de la place de Montmédy, essayée sur la demande du génie militaire.

b. Eau d'alimentation de la ville de Rethel, essayée à l'occasion de la réception des nouveaux travaux d'amenée.

On a déterminé pour ces eaux les titres hydrotimétriques total et partiel pour arriver à déterminer approximativement, par la méthode de MM. Boutron et Boudet, le poids des sels contenus. On n'a recherché le chlore que dans l'échantillon (*a*), qui avait un goût salé assez prononcé.

Ces essais ont donné les résultats suivants :

	a	b
Titre total	31°	30°,3
Titre après précipitation de la chaux par l'oxalate d'ammoniaque..........................	13°	6°,1
Titre après ébullition.....................	17°	9°,1
Titre après ébullition suivie de la précipitation de la chaux par l'oxalate..................	11°	3°,6
Titre après addition d'une quantité d'azotate de baryte correspondant au titre total............	55°	»
Titre après addition d'une quantité d'azotate d'argent correspondant au titre total	46°	»

De ces résultats, on déduit les suivants, pour le poids en grammes, par litre, des sels contenus dans chacun des échantillons :

	a	b
	gram.	gram.
Carbonate de chaux	0,1545	0,2472
Sulfate de chaux..........................	0,0420	0,0364
Carbonate de magnésie et autres bases.......	0,0630	
Sulfate de magnésie id.	0,0500	0,0324
Acide carbonique en excès	0,0100	0,0030
Chlorures (principalement NaCl)	0,1920	»
	0,5115	0,3190

Les matières organiques dont la présence a été constatée dans l'échantillon (a) au moyen du permanganate de potasse, ne s'y trouvent pas en quantité suffisante pour agir sur le chlorure d'or ; elles ne sont donc pas nuisibles, et l'eau du puits de Montmédy peut être employée sans inconvénient pour l'alimentation.

3° à 9°. — *Calcaires* et *Argiles*.

a, *b*, *c*, *d*. Calcaires provenant d'une carrière nouvellement uverte par M. Ménard, à Antheny, au niveau de la grande —olithe.

La résistance de ces pierres à l'écrasement a été déterminée au ureau d'essai de l'École des ponts et chaussées pour les trois preiers échantillons : elle est de 225 kilogrammes par centimètre arré pour le premier, de 100 kilog. pour le second, et de 274 our le troisième.

L'analyse de ces échantillons, formés de carbonate de chaux presque pur, a donné les résultats suivants :

	a	*b*	*c*	*d*
Résidu insoluble	0,166	0,566	0,866	0,400
Alumine avec traces de peroxyde de fer	1,667	0,667	1,330	2,000
Carbonate de chaux	97,667	97,381	97,380	98,390
	99,500	98,614	99,576	100,790

e, *f*, *g*. Les quatre échantillons ci-dessus proviennent de quatre bancs différents, séparés par des lits de terre argileuse dont les propriétaires de la carrière ont désiré connaître la composition.

L'analyse de ces terres a donné pour résultats :

	e	*f*	*g*
Eau et matières organiques	8,50	21,00	11,70
Sable, silice et argile inattaquée	75,50	56,80	72,00
Alumine et peroxyde de fer	10,50	19,43	13,77
Carbonate de chaux	4,10	1,78	1,37
	98,60	99,01	98,84

IV. — LABORATOIRE DE L'ÉCOLE DES MINES DE ST-ÉTIENNE.

Travaux de M. BAROULIER, professeur de manipulations chimiques (EXTRAIT).

§ 1. — COMBUSTIBLES.

1° *Houille* du bassin de la Loire. — Essai pour gaz.

Essai au creuset.	— Matières volatiles	24,50 p. 100
	Coke assez solide	75,50
Incinération.	— Cendres	18,50
	Carbone fixe	57,00
Distillation à la cornue en fonte.	— Volume du gaz sous la pression de 760 mill. et à la température 0°	19m³
	Coke	75,25 p. 100
	Goudron	7,50
	Eaux ammonicales	5,00
	Pouvoir éclairant	85,00

Le nombre 85 est le nombre de litres de gaz brûlé en une heure par le bec Bengel à 30 tours pour donner la même quantité de lumière que la lampe Carcel, type brûlant 42 grammes d'huile épurée de colza par heure.

Cette houille a un pouvoir éclairant assez bon; mais sa production en gaz est un peu faible.

2° et 3° *Houilles* du bassin de la Loire. — Essais pour gaz.

a. Menu fin des Littes, Cie de Montrambert.

b. Menu fin de la 13e couche, puits Châtelus.

	a	b
Gaz mesuré sous pression de 722 mill. et température de + 4°, pour 100 kil. de houille...	23m300	22m350
Coke pour 100 kilogr. de houille...........	69k.00	70k.00
Cendres de la houille......................	11,73 p. 100	14,00 p. 100
Cendres du coke...........................	17,00 p. 100	20,00 p. 100
Pouvoir éclairant..........................	91	96

Comme pour l'essai précédent, la lampe Carcel était prise pour type de lumière.

4° et 5° *Lignites.* — Dosages de cendres, soufre et pouvoir calorifique.

a. Lignite du bassin du Tanaro (Italie).

b. Lignite du Rocher Bleu (Marseille).

	a	b
Cendres....................................	7,00 p. 100	3,50 p. 100
Soufre......................................	1,05	0,86
Pouvoir calorifique, celui du carbone pur étant de 7815 (Despretz).........................	5746	6206

Ces lignites se comportent assez bien au feu, celui de Tanaro, mélangé en menu fin à 20 p. 100 de houille grasse, produit avec le brai sec un aggloméré se comportant bien au feu.

6° *Cendres* d'un échantillon de menu lavé des mines de Graissesac (Hérault).

	p. 100
Silice..............................	46,50
Alumine...........................	30,00
Sesquioxyde de fer.................	5,00
Chaux.............................	17,00
Magnésie.........................	0,60
Potasse et Soude..................	0,10

§ 2. — Divers.

1° *Minerai de fer limoneux* des environs du Puy-en-Velay (Haute-Loire).

	p. 100
Perte au feu	13,600
Peroxyde de fer	66,800
Alumine	7,022
Chaux	4,500
Magnésie	Traces
Silice	1,850
Acide sulfurique	1,020
Acide phosphorique	0,108
Pertes ou corps non dosés	0,100

Ce minerai ne contient pas de manganèse.

Il est un peu trop phosphoreux pour les fontes à acier.

2° *Poudres grises d'os dégélatinés* servant d'engrais, provenant des ateliers d'équarrissage de Lyon, employées par les agriculteurs des environs de St-Étienne.

	a	*b*
Eau hygrométrique	10,00	13,00
Silice et silicates	8,55	5,00
Phosphate de chaux	37,10	36,10
Carbonate de chaux	28,15	29,70
Carbonate de magnésie	2,30	1,40
Sulfate de chaux	Traces	Traces
Matières azotées	23,90	14,80
	100,00	100,00

3° *Eau* de l'Ermitage près St-Chamond (Loire). — Prise d'essai le 27 août 1883.

Degré hydrotimétrique (Boutron et Boudet)	5°
Résidu anhydre	0 g, 10
Résidu sec à 100° sur un litre	0 g, 12
	par litre.
Silice	0,0180
Protoxyde de fer	0,0013
Alumine	0,0008
Chaux	0,0250
Magnésie	0,0070
Soude	0,0158
Potasse	0,0012
Acide sulfurique	0,0040
Chlore	0,0250
Acide carbonique, pertes et corps non dosés (Traces de matières organiques végétales et animales grasses)	0,0250
Acide phosphorique	Traces
	0 g, 1000

4° *Sable* de Sury, près Montbrison (Loire).

Ce sable repose sur des bancs de calcaire hydrauliques.

L'analyse du sable, desséché à 150°, a donné :

Silice	72,60
Alumine	2,70
Protoxyde de fer	0,70
Chaux	16,25
Magnésie, potasse et soude	0,45
Perte au feu	7,30
	100,00

V. — LABORATOIRE D'ALGER.

Travaux de M. TINGRY, garde-mines (EXTRAIT).

Les essais ou analyses faits en 1883 ont porté sur un total de 146 échantillons, savoir :

11 échantillons de minerais.

16 échantillons de roches.

39 échantillons d'eaux.

4 échantillons d'engrais.

76 échantillons divers, dont 51 remis par le service de l'artillerie.

En outre, 33 échantillons d'engrais ont été soumis à l'examen microscopique.

§ 1. MINERAIS.

1° à 5° *Minerai de fer.* — Cinq échantillons provenant de la concession du Cap Ténès.

	NATURE.	PROVENANCE	TENEUR en fer.	OBSERVATIONS.
a	Hématite rouge et brune	Affleurement du filon principal	37,70	Cristallisée. Produit de fer carbonaté.
b	Hématite rouge........	Filon croiseur de 0m,50 d'épaisseur	57,27	Id.
c	Hématite rouge........	Grottes du Cap........	51,47	Id.
d	Gangue de *c*. Poudingue à galets de grès cimentés par une boue ferrugineuse	Grottes du Cap.........	33,35	
e	Poudingue quartzeux très ferrugineux	Voisinage du filon principal	17,76	

L'analyse complète de l'échantillon *b* a donné :

Peroxyde de fer	81,32
Peroxyde de manganèse	2,27
Silice	7,35
Carbonates de chaux et de magnésie	3,68
Alumine	3,82
Eau	0,91
Pertes	0,05
	100,00

§ 2. — Roches.

1° *Gypse* provenant du Mzab, remis par M. le général Poizat.

L'échantillon est formé de gypse cristallisé, avec gangue de calcaire concrétionné coloré par de l'oxyde de fer.

La proportion de sulfate de chaux a été trouvée de 81,25 p. 100

2° et 3°. *Calcaire compact.* — Echantillons recueillis sur l'emplacement d'anciennes galeries supposées romaines, aux environs de Palestro.

a. Gris jaunâtre, à cassure conchoïdale, à grain fin et homogène, mais parsemé de petits cristaux de quartz.

Chaux	48,00
Acide carbonique	37,70
Silice	13,75
Oxyde de fer et alumine	1,25
	100,90

b. Aspect semblable, sauf que la coloration est noirâtre et qu'il n'y a point de quartz visible.

Eau	0,52
Chaux	44,90
Magnésie	1,85
Acide carbonique	37,32
Silice	13,73
Oxyde fer et alumine	1,30
Pertes	0,30
	100,00

4° à 15°. *Calcaire* des environs de Bou-Saada, envoyés par le commandant supérieur du Cercle. Ces roches se présentent sous l'aspect de fragments roulés ou rognons de calcaire gris gréseux, plus ou moins injectés d'oxyde de fer. On a trouvé :

	1	2	3	4	5	6
Chaux	43,1	42,2	42,3	42,2	42,5	40,8
Magnésie	8,2	8,6	7,9	8,0	8,2	7,6
Acide carbonique	42,7	42,2	41,6	41,8	42,0	40,0
Silice	5,1	4,9	5,8	4,5	4,2	5,4
Oxyde de fer et alumine.	0,3	1,7	2,3	1,6	0,8	2,5
	99,4	99,6	99,9	98,1	97,7	98,3

	7	8	9	10	11	12
Chaux	45,9	45,1	44,3	45,3	46,2	44,2
Magnésie	6,5	6,2	8,0	8,3	8,0	7,6
Acide carbonique	43,6	42,3	42,5	44,5	45,0	43,0
Silice	4,1	3,8	1,3	1,1	1,7	2,
Oxyde de fer et alumine,	1,1	0,8	4,1	2,4	1,0	1,6
	101,2	98,2	100,2	101,5	101,9	98,8

16° *Calcaire* gris, compact, homogène, à grain fin, provenant de Beni Mansour, remis par M. Sucon.

Carbonate de chaux	76,8
Argile	22,6
Matières non-dosées et pertes	0,6
	100,0

§ 3. — Eaux.

1° *Eau* d'un puits creusé à Alger-Belcourt. Analyse demandée par M. le Président des référés.

2° *Eau* de la conduite de Palestro, remise par M. Godard, ingénieur des ponts et chaussées.

3° *Eau* de la rivière de l'Isser, remise par le même.

Composition par litre des trois numéros ci-dessus :

SUBSTANCES DOSÉES.	ÉCHANTILLONS 1	2	3	COMPOTITION PROBABLE DES SELS.	ÉCHANTILLONS 1	2	3
Acide carbonique ..	gr. 0,146	gr. 0,169	gr. 0,081	Carbonate de Chaux.	gr. 0,221	gr. 0,338	gr. 0,146
Acide sulfurique ...	0,255	0,297	0,018	Id. de magnésie	0,093	0,038	0,031
Acide chlorhydrique	0,760	0,183	0,105	Sulfate de chaux....	0.338	0,356	0,022
Acide silicique.....	0,009	0,008	0,010	Sulfate de magnésie.	0,085	0,126	»
Chaux	0,263	0,396	0,091	Sulfate de soude....	»	0,006	»
Magnésie..........	0,187	0,060	0,018	Chlorure de sodium.	0,283	0,295	0,159
Soude.............	0,468	0,159	0,084	Id. de magnésium	0,272	»	0,008
Oxyde de fer et alumine	0,021	0,011	0,009	Oxyde de fer et alumine	0,021	0,011	0,009
Matières organiques	0,085	0,054	0,085	Silice...............	0,009	0,008	0,010
				Matières organiques.	0,085	0,054	0,085
				Pertes.............	0,023	0,018	0,030
				Poids des sels (trouvé directement par évaporation à sec)	2,030	1,250	0,500

4° à 38°. Essai de 35 échantillons d'*eau*, remis par le service des études du chemin de fer d'Alger à Laghouat et provenant de différents points où on projette des gares ou des arrêts.

On a déterminé par litre le poids total des sels, et les acides chlorhydrique et sulfurique. Les résultats sont consignés au tableau ci-après :

	PROVENANCES.	POIDS total des sels.	ACIDE sulfurique.	ACIDE chlorhydrique.
		gr.	gr.	gr.
1	Puits des Terres blanches	5,800	0,112	1,620
2	Aïn el Mesrane (Dunes)	2,300	0,034	0,540
3	Source du versant sud du Rocher de sel	0,700	0,059	0,081
4	Puits artésien de Malakoff	5,100	0,182	1,026
5	Aïn Smilah inférieure	2,100	0,070	0,014
6	Puits d'El Mesrane (maison cant.).	5,600	0,102	1,556
7	Oued Melah à Djelfa	1,050	0,044	0,108
8	Aïn Smilah supérieure	2,200	0,092	0,095
9	Oued Melah au Rocher de sel	3,000	0,121	0,216
10	Aïn Mabet	1,950	0,113	0,054
11	Source des ruines	2,450	0,084	0,189
12	Oued Tadmit	1,400	0,058	0,108
13	Aïn Zeïra	0,690	0,067	0,054
14	Oued Mzi	1,150	0,046	0,122
15	Aïn Terea	2,700	0,132	0,162
16	Aïn el Hel	1,950	0,056	0,135
17	Sidi Maklouf	1,400	0,082	0,162
18	Aïn Amra	0,600	0,041	0,054
19	Aïn Seddeur	0,550	0,040	0,054
20	Metlili	0,900	0,015	0,027
21	Aïn Timormeret	1,350	0,065	0,081
22	El Kiadia	0,550	0,128	0,145
23	Oued Marouf	1,300	0,160	0,217
24	Taguin	0,850	0,133	0,126
25	Aïn Fretidja	0,500	0,112	0,198
26	Aïn Radja	1,000	0,078	0,217
27	Rouïba	4,500	0,192	0,648
28	Aïn Khbi	5,600	0,217	0,972
29	Zerguin	0,400	0,104	0,180
30	Zenina (jardin du Caïd)	0,580	0,147	0,170
31	Zenina (fontaine du village)	0,600	0,155	0,162
32	Bougzoul	4,600	0,172	0,684
33	Chelif (à 5 kil. de Bougzoul)	2,000	0,148	0,152
34	Aïn Ousserah	1,850	0,218	0,306
35	Mouïlah	0,900	0,115	0,378

§ 4. — ENGRAIS.

1° *Guano* remis par MM. Spire et Rousseau, provenant de recherches faites par eux dans le massif de Bou-Zegza.

Echantillons fortement mouillés, formés de débris végétaux et de détritus animaux.

Trouvé après dessication à 100°	a	b
	p. 100	p. 100
Acide phosphorique	13,07	10,50
Azote	2,81	3,85

2° *Guano* remis par les mêmes, mais provenant de Camerata.

Aspect pâteux, très fortement mouillé, débris animaux et détritus végétaux et nombreux fragments de roches.

Trouvé après dessication à 100°	a	b
Acide phosphorique	3,15	4,35
Azote	5,40	8,05

3° Examens d'*engrais* au microscope.

En exécution d'une décision de M. le Gouverneur général, des échantillons de tous les engrais importés en Algérie sont, par les soins du Service des Douanes, présentés au laboratoire du service des mines pour y être soumis à un examen microscopique devant déterminer si ces engrais contiennent des débris végétaux ; la présence de ceux-ci dénotant un mélange soit avec des plantes directement employées, soit tout au moins avec de la terre végétale, on redoute qu'ils puissent servir de véhicule au *Phylloxera*.

Ce service a commencé à la fin d'octobre ; sur trente-trois échantillons, trois seulement contenaient des débris végétaux.

VI. — LABORATOIRE DE CONSTANTINE

Travaux de M. SERGÈRE, gardes-mines (EXTRAIT).

§ 1. — MINERAIS.

1° *Minerai de plomb argentifère.* — Mélange de galène et de plomb carbonaté, provenant de Bou-Taleb.

L'essai avait pour but d'étudier la différence de teneur en argent que peuvent présenter les minerais sulfurés et les minerais oxydés.

L'examen de l'échantillon laissait distinguer nettement : galène, carbonate de chaux et carbonate de plomb.

150 grammes de ce minerai porphyrisé ont été soumis à la lévigation, les minerais ont été classés en deux catégories.

Les matières les plus légères doivent contenir toute la chaux carbonatée, le plomb carbonaté et un peu de galène. La couleur est d'un gris très clair ; c'est le minerai que nous désignerons sous le nom de minerai oxydé.

Les autres plus lourdes sont d'un gris plus foncé, leur ensemble a été désigné sous le nom de minerai sulfuré.

L'essai a été fait pour plomb par la voie sèche ; le culot obtenu a été ensuite passé à la coupelle.

Les résultats sont les suivants :

a. Minerai oxydé :

25,31 p. 100 de plomb.

Métaux fins, par tonne de minerai....	0^k,043
Id. par tonne de plomb d'œuvre..	0^k,172

b. Minerai sulfuré :

30,06 p. 100 do plomb.

Métaux fins, par tonne de minerai....	0^k,070
Id. par tonne de plomb d'œuvre...	0^k,233

2° *Galène.* — Echantillon provenant des recherches Odon et St-Aubert, près Miliah, remis par M. Laligant.

L'échantillon est de la galène à grains très fins, exempte de blende, ainsi que cela a été constaté par un essai qualitatif.

L'essai pour plomb a été fait par la voie sèche, il a donné un rendement de 51,532 p. 100 de plomb.

Le culot passé à la coupelle a donné $0^k,1744$ d'argent par tonne de minerai, ce qui correspond à $0^k,336$ par tonne de plomb d'œuvre.

3° et 4°. *Galène.* — Deux échantillons, provenant de Tunis, voyés par M. Doukau.

L'inspection minéralogique fait distinguer de la galène alliée à une gangue calcaire légèrement argileuse. La galène est à éléments assez fins et à petites facettes.

L'essai a été fait pour plomb par la voie sèche.

Les résultats sont :

	Plomb. p. 100
a	72,70
b	68,468

Les deux culots passés à la coupelle ont donné en, métaux fins, les teneurs suivantes :

	Par tonne de minerai.	Par tonne de plomb d'œuvre.
a	267 gr.	367 gr.
b	251	367

5° *Galène.* — Echantillon provenant de l'Oued-Tiricen (près Collo), recherches Marmin et Virot.

Cet échantillon est de la galène alliée à une faible proportion de plomb carbonaté. L'essai pour plomb fait par la voie sèche a donné 32,34 p. 100 de plomb. Le culot, passé à la coupelle, a donné 288 grammes par tonne de minerai, ce qui correspond à

891 gr. par tonne de plomb d'œuvre. Ce minerai contient des traces de zinc.

6° à 8° *Cuivre gris argentifère.* — Trois échantillons provenant du Djebel-Tiliouine, près Bougie, et envoyés par M. Morineau.

Ces échantillons correspondent à trois régions de l'exploitation du Tiliouine dénommées Archtill n° 1, Archtill n° 2, Isouback.

Le minéral dont ils se composent, est du cuivre gris allié à une gangue argilo-siliceuse indiscernable.

Les résultats de l'analyse sont les suivants :

	Archtill I.	Archtill II.	Isouback.	Observations
Humidité..........	2,825	3,075	3,275	L'alumine n'a pas été séparée du fer. L'inspection du précipité permet de dire, à son aspect grenu et à sa coloration rouge, qu'il est en majeure partie composé de fer.
Matières insolubles aux alcalis......	14,900	15,025	12,175	
Cuivre...........	30,372	27,282	24,897	
Peroxyde de fer et alumine........	11,100	13,980	20,550	
Plomb............	0,742	0,556	1,668	
Arsenic...........	4,352	5,379	1,446	
Antimoine........	16,577	16,515	12,288	
Chaux...........	1,025	0,975	0,750	
Soufre...........	17,998	16,904	22,526	
	99,891	99,691	99,575	

L'essai pour métaux fins par la voie sèche a donné les résultats suivants :

	Par tonne de minerai kil.
Archtill n° I..............................	3,8584
Archtill n° II.............................	4,3984
Isouback...................................	3,0584

De plus la présence de l'or a été reconnue qualitativement dans les minerais d'Archtill N°s 1 et 2.

Comme on le voit ces minerais sont très riches, mais il convient de faire remarquer que la prise d'échantillon a été faite sur des rognons de cuivre gris pur isolés d'avec la gangue au moyen du marteau. Il est évident que dans la pratique on ne peut pas atteindre, pour les minerais marchands, des teneurs aussi élevées.

9° *Minerais de fer.* — Echantillon provenant du Djebel-Hesoud près Ain Beïda), remis par M. Rousset.

Cette analyse, ayant pour but spécial la détermination de la nature des gangues, a été faite sur une partie assez chargée de gangue.

L'examen minéralogique conduit à admettre un mélange de fer et de gangue argilo-calcaire.

Les résultats de l'analyse sont :

Eau hygrométrique	2,40
Perte au feu	15,16
Silice et silicates insolubles aux acides	19,86
Sesquioxyde de fer	42,20
Alumine	4,84
Oxyde de manganèse (Mn^3O^4)	2,10
Chaux	11,72
Magnésie	2,16
	100,54

Ces minerais ne contiennent ni soufre, ni phosphore ; ils sont de richesse moyenne ; le manganèse contribue à accroître leur valeur.

§ 2. — Divers.

1° *Eau* de l'Oued-Fouah, environs de Guelma.

Cette eau est limpide, incolore, inodore ; sa saveur ne présente aucune particularité.

L'essai complet a été fait.

La composition élémentaire est la suivante :

	Par litre.
	gr.
Peroxyde de fer et Alumine.....	0,009
Chaux.......................	0,181
Magnésie....................	0,038
Potassium (K)................	0,057
Sodium (Na).................	0,014
Acide sulfurique (SO^3)........	0,027
Chlore (des chlorures en solution).	0,078
Acide carbonique (combiné).....	0,294
	0,688

Le résidu trouvé directement à 180° est de 0gr.,696.

Il y a donc 0gr.,008 soit de matières organiques, soit de corps non dosés.

Les résultats de cette analyse élémentaire peuvent être interprétés ainsi :

	gr.
$Fe^2 O^3$..................	0,009
$CaO.2 CO^2$.............	0,303
$CaO.CO^2$...............	0,078
$CaO.SO^3$...............	0,046
$MgO.2 CO^2$.............	0,108
KCl..................	0,110
Na Cl..................	0,085

En somme, cette eau satisfait aux conditions d'une bonne eau potable.

2° *Sulfate de chaux.* — Echantillon remis par M. Renaud, et provenant de Milah.

Cet échantillon est d'un beau blanc un peu laiteux, il se raye à l'ongle assez difficilement, il est allié à un peu de calcaire indiscernable à l'œil, mais mis facilement en évidence par l'effervescence aux acides.

Soumis à l'analyse complète, il a donné les résultats suivants :

Eau hygrométrique et de combinaison	13,20
Résidu insoluble aux acides.........	10,20
Sesquioxyde de fer et alumine.......	0,11
Sulfate de chaux..................	58,48
Carbonate de chaux...............	18,07
Magnésie.........................	Traces
	100,05

Le produit obtenu après cuisson est d'un beau blanc. Gâché avec un peu d'eau, de manière à pouvoir former un enduit, il a donné des résultats satisfaisants.

VII. — LABORATOIRE D'ORAN.

Travaux de M. PONCELET, garde-mines (EXTRAIT).

1° *Minerai de fer*, remis par M. Muñoz et provenant de Teni-krent.

Ce minerai est une mine douce, il a donné :

Eau	9,30
Silice	0,60
Acide carbonique..........	4,02
Chaux...................	1,41
Peroxyde de fer	81,63(Fer 57,15)
Manganèse...............	2,35
Acide sulfurique	faibles traces
	99,31

L'absence de l'alumine et de l'acide phosphorique a été reconnue.

2° *Lignite* des environs de Tiaret, remis par le sieur Cartais.

L'échantillon se compose de petits fragments de lignite friable, mélangés à environ 50 p. 100 d'argile et de schistes.

Le lignite et les schistes contiennent des feuillets de gypse ; il y existe aussi de la pyrite de fer en petite quantité.

On a dosé sur le lignite, soigneusement séparé de sa gangue :

Cendres	4,00
Carbone fixe	48,50
Substances volatiles	39,90
Eau hygrométrique	7,60
	100,00
Pouvoir calorifique	5397,8

3° Dosage du *chlorure de sodium* dans des échantillons d'eau pris dans des fouilles faites à la Daya-Morselli et dans les échantillons de terre des fouilles correspondantes. Ces terres sont composées d'argile dans laquelle se trouvent 60 à 70 p. 100 de petits cristaux de gypse séparables mécaniquement.

Chlorure de sodium dosé dans les terres.

		p. 100
Échantillon	1	4,827
Id.	2	4,243
Id.	3	3,764
Id.	4	3,942
Id.	5	3,243
Id.	6	5,042

Chlorure de sodium dosé dans les eaux correspondantes, par litre.

		gr.
Échantillon	1	167,076
Id.	2	151,200
Id.	3	161,582
Id.	4	180,808
Id.	5	240,727
Id.	6	132,149

4° *Eau* du Grand lac.

Résidu fixe par litre, obtenu directement : 135gr.,300.

L'analyse a donné la composition suivante par litre :

	gr.
Acide carbonique	0,763
Chlore	77,040
Acide sulfurique...........	4,692
Chaux	4,256
Magnésium	2,008
Sodium....................	46,064
	134,823

NOTE SUR UN ACCIDENT

SURVENU LE 15 MAI 1884

DANS LES MINES DE MOLIÈRES

(CONCESSION HOUILLÈRE DE ROBIAC ET MEYRANNES, GARD)

Par M. DE CASTELNAU, ingénieur des mines.

Le 15 mai 1884, le manœuvre Jalès a été très légèrement brûlé par une flambée de grisou qui s'est produite dans les mines de Molières, de la compagnie houillère de Bessèges (Gard), dans des circonstances qui présentent un certain intérêt. Cet ouvrier travaillait, avec son chef de chantier Salles, dans une taille de la couche Saint-Ferdinand, au septième embranchement du grand plan incliné qui porte ce nom. Salles, qui avait souscavé sur 20 centimètres de profondeur une motte de charbon de $1^m,25$ de longueur et n'avait laissé pour la soutenir qu'une *patte*, c'est-à-dire un tout petit pilier de charbon, voulut abattre cette *patte* pour provoquer la chute de la motte. Pour cela, il posa sa lampe à terre et à sa gauche, et, se plaçant assez loin du front de taille pour ne pas être atteint, il fit sauter la *patte* par un fort coup de pic. Mais l'outil, après avoir détruit ce petit pilier, continuant son mouvement angulaire, vint atteindre la lampe du mineur et la renversa en perçant le tamis. Le bloc tomba en même temps et, aussitôt, une flamme apparut, suivit

le courant d'air et vint atteindre le manœuvre Jalès qui se trouvait à 3 mètres environ à droite de son chef de chantier. Cet ouvrier fut très légèrement brûlé, car il était presque guéri deux jours après l'accident.

La relation ci-dessus exposée des circonstances de l'accident, est celle de Salles et Jalès; elle a été pleinement confirmée dans l'enquête administrative, non seulement par les constatations faites au chantier, mais encore par les déclarations unanimes et très catégoriques des autres témoins des faits qui viennent d'être rapportés, car ces deux ouvriers n'étaient pas seuls à travailler dans la taille où ils étaient employés.

La lampe de Salles était, comme toutes celles en usage aux mines de Molières, du système Mueseler, type réglementaire belge; elle était fermée à clé, et à part le trou de $6^{mm},7$ qui correspondait bien à la pointe d'un pic, elle ne présentait aucune défectuosité.

La couche Saint-Ferdinand est mince, comme toutes celles de Molières; elle avait, en cet endroit, 70 centimètres, en y comprenant un petit banc de schistes, au mur, de 10 centimètres; elle est exploitée par tailles chassantes, dont le front forme, dans son ensemble, une ligne inclinée sur la direction de la couche.

La taille dans laquelle l'accident s'est produit était fort bien aérée; le point où travaillaient Salles et Jalès étant la partie la plus élevée de la taille et la plus rapprochée de la sortie d'air, était celui où les pertes faites par le courant à travers les remblais ou les dépilages venaient rejoindre la branche principale; c'était donc le point de la taille où le volume de l'air et la vitesse du courant atteignaient leur maximum; enfin, on ne voyait au toit aucune de ces petites excavations appelées cloches et dans lesquelles le grisou aurait eu tendance à s'accumuler. On ne saurait donc supposer que l'atmosphère du chantier était grisouteuse et inflammable avant la

chute de la motte et on doit admettre que c'est ce gros bloc de charbon qui, par sa désagrégation au moment de sa chute, a donné lieu à un dégagement de grisou et à la formation d'un mélange inflammable de peu de volume; le renversement de la motte a dû projeter ce mélange sur la lampe presque en même temps que cet appareil avait son tamis percé et était abattu par le choc de l'outil. Dans sa chute, la lampe n'a pas dû perdre instantanément son feu, mais, plutôt, le conserver juste assez pour avoir encore quelque point de la mèche en inflammation au moment où elle a été subitement envahie par le mélange d'air et de grisou. Ce mélange a pris feu sur la mèche et ce doit être par la cheminée, qui ne recevait plus les produits de la combustion à cause de sa position inclinée, que l'inflammation s'est transmise à l'espace compris entre la cheminée et le tamis, et de là, par le trou du tamis, au dehors.

Si, dans l'espèce, le tamis de la lampe avait été protégé par une cuirasse, l'accident ne se serait pas produit; il n'a, heureusement, pas eu d'importance, mais il est évident que des circonstances de même nature pourraient devenir la cause de graves explosions.

En conséquence, cet accident montre que la cuirasse dont sont munies certaines lampes, entre autres celle de l'ingénieur en chef des houillères de Bessèges, M. Marsaut, est utile non seulement parce qu'elle soustrait la flamme à l'action des courants d'air, mais encore parce que cet appendice protège le tamis contre les chocs et les déchirures qui peuvent en résulter, et augmente, de cette manière, les garanties de sécurité qu'offre l'usage de la lampe de sûreté.

STATISTIQUE
de l'Industrie minérale de la France.

TABLEAUX COMPARATIFS DE LA PRODUCTION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX, DES FONTES, FERS ET ACIERS, EN 1883 ET EN 1884 (*).

I. — Combustibles minéraux.

PRODUCTION PAR DÉPARTEMENT.

DÉPARTEMENTS.	NATURE DU COMBUSTIBLE.	PRODUITS. 1883.	PRODUITS. 1884.
		tonnes.	tonnes.
Ain	Lignite	50	6
Allier	Houille	950.484	855.411
Alpes (Basses-)	Lignite	41.758	46.968
Alpes (Hautes-)	Anthracite	7 862	6.300
Ardèche	Houille et anthracite	82.843	43.741
	Lignite	1.510	1.661
Aude	Idem	321	205
Aveyron	Houille	826.036	779.326
	Lignite	6.619	5.758
Bouches-du-Rhône	Idem	478.185	403.413
Cantal	Houille	42.463	52.508
Corrèze	Idem	3.901	4.229
Côte-d'Or	Houille et anthracite	10.191	7.721
Creuse	Idem	179.545	200.979
Dordogne	Houille	»	20
	Lignite	1.800	295
Drôme	Idem	112	120
Gard	Houille	1.972.650	1.895.934
	Lignite	19.658	18.313
Hérault	Houille et anthracite	277.898	272.659
	Lignite	510	376
Isère	Anthracite	131.378	156.800
	Lignite	1.136	1.000
Jura	Idem	424	1.650
Loire	Houille et anthracite	3.596.426	3.158.989
Loire (Haute-)	Houille	234.851	213.212
Loire-Inférieure	Anthracite	19.243	19.557
Lot	Houille	1.725	1.693
Maine-et-Loire	Anthracite	86.095	84.329
Mayenne	Idem	69.943	67.590
Nièvre	Houille	194.306	191.463
Nord	Houille et anthracite	3.789.067	3.401.375
Pas-de-Calais	Houille	6.155 801	6.029.129
Puy-de-Dôme	Houille et anthracite	203.142	195.556
Pyrénées-Orientales	Lignite	1.646	2.299
Rhône	Houille	39 877	39.720
Saône (Haute-)	Idem	207.455	192.017
	Lignite	9.580	9.410
Saône-et-Loire	Houille et anthracite	1.381.527	1.858.227
Sarthe	Anthracite	17.013	18.216
Savoie	Idem	19.836	17.375
Savoie (Haute-)	Idem	100	210
	Lignite	211	»
Sèvres (Deux-)	Houille	22.092	19.092
Tarn	Idem	325.480	372.260
Var	Houille et anthracite	424	401
	Lignite	2.258	1.556
Vaucluse	Idem	9.765	8.770
Vendée	Houille	17.295	18.685
Vosges	Lignite	879	691
Récapitulation	Houille et anthracite	20.759.429	19.624.718
	Lignite	574.455	502.491
	Totaux	21.333.884	20.127.209
Diminution			1.206.675

(*) Ces tableaux ont été publiés, par ordre de M. le Ministre des Travaux publics, au *Journal Officiel* du 15 Mars 1885. Les chiffres concernant l'année 1884 sont extraits des états *semestriels* fournis par les Ingénieurs des mines et, par suite, *provisoires*; tandis que la statistique de 1883, résultant du dépouillement des états *annuels*, contient des chiffres *définitifs*.

GROUPES GÉOGRAPHIQUES DE BASSINS.	PRODUITS. 1883	PRODUITS. 1884	BASSINS ÉLÉMENTAIRES (1).	DÉPARTEMENTS OÙ LES BASSINS SONT SITUÉS.	PRODUITS. 1883	PRODUITS. 1884
	tonnes.	tonnes.			tonnes.	tonnes.
I. — Houille et Anthracite.						
Nord et Pas-de-Calais.	9.944.868	9.430.504	Valenciennes	Nord, Pas-de-Calais	9.883.652	9.364.357
			Le Boulonnais (Hardinghen)	Pas-de-Calais	61.216	66.147
Loire	3.640.777	3.211.509	St-Etienne (et Rive-de-Gier)	Loire, Rhône	3.583.997	3.154.702
			Sainte-Foy l'Argentière	Rhône	39.577	39.720
			Communay	Isère	14.474	12.800
			Le Roannais (Roanne)	Loire	2.729	4.287
Gard	2.005.473	1.939.675	Alais	Gard, Ardèche	1.984.890	1.908.921
			Aubenas	Ardèche	7.322	25.302
			LeVigan	Gard	13.261	5.452
Bourgogne et Nivernais	1.635.580	1.605.631	Creusot et Blanzy	Saône-et-Loire	1.215.296	1.206.814
			Decize	Nièvre	194.306	191.462
			Epinac et Aubigny-la-Ronce	Saône-et-Loire, Côte-d'Or	134.410	124.238
			Bert	Allier	49 556	48.221
			La Chapelle-sous-Dun	Saône-et-Loire	32.314	27.881
			Sincey, *Forges*	Côte-d'Or, *Saône-et-Loire*	9.698	7.015
Tarn et Aveyron	1.153.241	1.153.279	Aubin	Aveyron	810.247	763.238
			Carmaux	Tarn	325.480	372.260
			Rodez	Aveyron	15.789	16.088
			Saint-Perdoux	Lot	1.725	1.693
Bourbonnais	1.035.874	928.890	Commentry (et Doyet)	Allier	867.873	775.518
			Saint-Eloy	Puy-de-Dôme	134.946	121.700
			L'Aumance (Buxière-la-Grue)	Allier	31.084	31.115
			La Queune (Fins et Noyant)	Allier	1.971	557
Auvergne	**345.510**	**339.571**	Brassac	Haute-Loire, Puy-de-Dôme	257.229	242.587
			Champagnac et Bourg-Lastic	**Cantal, Puy-de-Dôme**	**59.013**	**68.985**
			Langeac	**Haute-Loire**	**29.268**	**27.999**
Hérault	**277.898**	**272.659**	**Graissessac, *Roujan***	**Hérault**	**277.898**	**272.659**
Creuse et Corrèze	**183.446**	**205.228**	**Ahun**	**Creuse**	**176.784**	**194.869**
			Bourganeuf	**Creuse**	**2.761**	**6.110**
			Cublac (Terrasson), Meimac et Argentat	**Corrèze, *Dordogne***	**3.901**	**4.249**

Vosges méridionales..	207.455	192.017	Ronchamp	Haute-Saône	207.455	192.017
			Le Maine	Mayenne, Sarthe	86.956	85.806
			Basse-Loire	Loire-Infre, Maine-et Loire	55.338	53.886
Ouest	181.681	177.469	Vouvant et Chantonnay	Deux-Sèvres, Vendée	39.387	37.777
			Saint-Pierre-La-Cour	*Mayenne*	»	»
			Le Cotentin (*Littry, le Plessis*)	*Calvados, Manche*	»	»
			Le Drac (La Mure)	Isère	119.224	143.320
Alpes occidentales	147.202	167.885	Maurienne-Tarentse et Briançon.	Hautes-Alpes, Savoie	27.198	23.675
			L'Oisans et *le Graisivaudan*.	Isère	680	680
			Chablais et Faucigny	Haute-Savoie	100	210
Maures	424	401	Les Maures (Fréjus)	Var, *Alpes-Maritimes*	424	401
Pyrénées	»	»	*Ibantelly, Durban et Ségur*.	*Basses-Pyrénées, Aude*	»	»
Totaux pour les houilles	20.759.429	19.624.718			20.759.429	19.624.718
II. — Lignite.						
			Le Fuveau (Aix)	Bouches-du-Rhône, *Var*.	473.809	403.413
Provence	520.201	451.937	Manosque	Basses-Alpes, *Vaucluse*.	44.758	46.968
			La Cadière	Var	1.634	1.556
			Bagnols, Orange, Banc-Rouge, *Vagnas*	Ardèche, Gard, Vaucluse.	25.405	22.126
Comtat	30.764	28.727	Barjac et Célas	Gard	2.406	3.442
			Méthamis	Vaucluse	2.953	3.159
			Montoulieu	*Hérault*	»	»
			Gouhenans, *Gémonval*	Haute-Saône	9.580	9.410
Vosges méridionales..	10.459	10.101	Norroy	Vosges	879	691
			Millau (et Trévezel)	Aveyron, Gard	6.788	5.775
Sud-Ouest	11.065	8.950	Estavar, *Orignac, SaintLon, Larquier*	Pyrénées-Orientales, *Hautes-Pyrénées, Landes*.	1.646	2.299
			La Caunette	Aude, Héranlt	831	581
			Simeyrols et la Chap.-Péchaud.	Dordogne	1.800	295
			Douvres	Ain, Jura	474	1.656
Haut-Rhône	1.966	2.776	La Tour-du-Pin	Isère	1.13[illegible]	1.000
			Hauterives (Montélimar)	Drôme	112	120
			Entrevernes et *Chambéry*	Haute-Savoie, *Savoie*	244	»
Totaux pour les lignites	574.455	502.491			574.455	502.491
Totaux généraux	21.333.884	20.127.209			21.333.884	20.127.209

(1) Les bassins dont les mines n'ont pas été exploitées dans l'année et les départements correspondants ont leurs noms en *italiques*.

II. — Industrie sidérurgique.

PRODUCTION DES FONTES.

DÉPARTEMENTS.	DÉSIGNATION de LA FONTE suivant la nature du combustible.	1883 FONTES d'affinage.	1883 FONTES de moulage ou moulée en 1re fusion.	1883 PRODUCTION totale	1884 FONTES d'affinage.	1884 FONTES de moulage ou moulée en 1re fusion.	1884 PRODUCTION totale.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Allier	Au coke	68.660	13.911	82.571	48.361	10.328	58.689
Ardèche	Au coke	61.450	19.265	80.715	40.543	11.636	52.179
Ardennes	Au coke	20.200	110	20.687	19.000	»	19.234
	Au bois	197	180		124	110	
Ariège	Au coke	21.673	»	21.673	24.843	»	24.843
Aveyron	Au coke	27.041	»	27.041	25.432	»	25.432
Bouches-du-Rhône	Au coke	17.861	1.852	19.713	13.469	1.596	15.065
Cher	Au coke	»	5.830	18.943		»	15.185
	Au bois	4.043	»		3.555	»	
	Mixte	»	9.070		»	11.630	
Corse	Au bois	5.608	»	5.608	4.876	»	4.876
Dordogne	Au bois	1.000	»	1.000	190	»	190
Doubs	Au bois	1.781	450	2.231	900	420	1.320
Eure	Au coke	»	190	190	»	»	»
Gard	Au coke	127.395	7.036	134.431	96.411	7.347	103.758
Gironde	Au bois	900	454	1.354	845	462	1.307
Hérault	Au coke	5.240	7.210	12.450	3.764	5.119	8.883
Ille-et-Vilaine	Au bois	»	701	701	»	»	»
Indre	Au bois	1.186	»	1.186	»	»	»
Isère	Au coke	28.640	23	29.864	18.819	4	18.823
	Au bois	521	58		»	»	
	Mixte	617	5		»	»	
Landes	Au coke	15.800	»	31.234	34.150	»	51.955
	Au bois	8.918	6.516		13.190	4.615	

Loire	Au coke	62.365	31	62.396	35.064	4	35.068
Loire-Inférieure	Au coke	35.579	»	35.863	58.900	»	58.900
	Au bois	284	»		»	»	
Lot-et-Garonne	Au coke	»	15.200	16 250	260	14.315	15.345
	Au bois	1.050	»		770	»	
Marne	Au coke	»	654	654	»	»	»
Marne (Haute-)	Au coke	16.545	21.973	66.511	27.789	31.174	79.992
	Au bois	5.115	»		3.044	130	
	Mixte	11.539	11.339		6.597	11.258	
Meurthe-et-Moselle	Au coke	533.132	249.934	783.066	547.887	199.416	747.303
Meuse	Au coke	2.628	8.366	11.827	2.606	5.440	10.108
	Au bois	»	»		»	1.124	
	Mixte	»	833		»	938	
Morbihan	Au bois	951	»	951	824	»	824
Nord	Au coke	203.432	50.832	254.264	175.635	43.908	219.543
Pas-de-Calais	Au coke	68.506	16.906	85.412	84.432	4.049	88.481
Pyrénées-Orientales	Au bois	6.590	»	6.590	3.312	»	3.312
Rhône	Au coke	82.016	»	82.016	57.049	»	57.049
Saône (Haute-)	Au bois	2.969	586	3.555	1.537	340	1.877
Saône-et-Loire	Au coke	159.904	558	160.462	128.105	1.252	129.357
Tarn	Au coke	6.263	584	6.847	5.451	553	6.004
Vaucluse	Au bois	837	247	1.084	218	127	345

RÉCAPITULATION.

Fonte	Au coke	1.564.330	420.465	1.984.795	1.447.970	336.141	1.784.111
	Au bois	42.040	9.192	51.232	33.385	7.328	40.713
	Mixte	12.156	21.247	33.403	6.597	23.826	30.423
Totaux		1.618.526	450.904	2.069.430	1.487.952	367.295	1.855.247
Diminution					130.574	83.609	214.183

PRODUCTION DES FERS.

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DU FER.	1883 RAILS.	1883 FERS marchands et spéciaux.	1883 TÔLES.	1883 PRODUCTION totale.	1884 RAILS.	1884 FERS marchands et spéciaux.	1884 TÔLES.	1884 PRODUCTION totale.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Aisne	Puddlage	»	»	926	986	»	»	965	965
	Réchauffage de vieux fers	»	»	60		»	»	»	
Allier	Puddlage	2.126	20.507	9.377	32.010	927	19.565	7.385	27.877
Ardennes	Puddlage	»	48.452	19.026	76.477	»	40.719	20.118	73.606
	Affinage au charbon de bois	»	91	»		»	49	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	2.186	6.722		»	7.367	5.353	
Ariège	Puddlage	»	16.494	»	16.723	»	12.157	»	12.301
	Affinage de charbon de bois (foyers catalans)	»	229	»		»	144	»	
Aube	Puddlage	»	6.903	»	6.903	»	4.801	»	6.311
	Affinage au charbon de bois	»	»	»		»	1.510	»	
Aveyron	Puddlage	840	14.328	3.556	18.724	579	13.075	1.939	15.593
Bouches-du-Rhône	Puddlage	»	324	»	1.627	»	282	»	1.339
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	1.303	»		»	1.057	»	
Cher	Affinage au charbon de bois	»	900	»	900	»	1.310	»	1.310
Corse	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	125	»	125	»	96	»	96
Côte-d'Or	Puddlage	»	5.245	»	8.930	»	5 605	»	8.335
	Affinage au charbon de bois	»	2.170	15		»	1.685	»	
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	»	1.500		»	295	750	
Côtes-du-Nord	Puddlage	»	1.530	»	4.070	»	1.095	»	3 045
	Réchauffage de vieux fers	»	2.540	»		»	1.950	»	
Dordogne	Puddlage	»	1.000	»	2.875	»	2.670	»	3.500
	Affinage au charbon de bois	»	1.875	»		»	830	»	
Doubs	Puddlage	»	»	47	15.882	»	»	78	11.316
	Affinage au charbon de bois	»	8.485	2.258		»	7.060	2.938	
	Réchauffage de vieux fers	»	4.337	755		»	592	648	
Gard	Puddlage	1.012	21.927	»	22.939	334	18.438	»	18.772

Garonne (Haute-).	Affinage au charbon de bois	»	870	»	3.120	»	962	»	2.656
	Réchauffage de vieux fers et riblons.	»	2.250	»		»	1.694	»	
Gironde..........	Affinage au charbon de bois	»	631	»	631	»	680	»	680
Ille et-Vilaine	Réchauffage de vieux fers	»	233	»	233	»	115	»	115
Indre............	Affinage au charbon de bois	»	520	»	520	»	465	»	465
Isère	Puddlage	»	8.502	493	10.741	»	4.841	291	7.727
	Réchauffage de vieux fers	»	1.746	»		»	2.595	»	
	Puddlage	30	8.222	6.672		20	9.506	5.540	
Jura............	Affinage au charbon de bois.........	»	116	460	23.137	»	406	1.427	23.833
	Réchauffage de vieux fers	»	4.731	2.900		»	4.484	2.450	
Landes..	Puddlage	»	445	»	3.431	»	689	»	2.997
	Affinage au charbon de bois	»	2.986	»		»	2.308	»	
Loir-et-Cher......	Réchauffage de riblons	»	77	»	77	»	56	»	56
Loire............	Puddlage	»	48.830	15.845	73.441	»	34.814	14.582	55.565
	Réchauffage de vieux fers et riblons.	»	6.473	2.293		»	6.169	»	
Loire-Inférieure...	Puddlage	14	11.269	2.598	16.843	»	6.527	340	10.109
	Réchauffage de vieux fers	»	2.962	»		»	3.242	»	
Maine-et-Loire ...	Réchauffage de riblons	»	50	»	50	»	22	»	22
Marne (Haute-)...	Puddlage	»	66.116	4.476	70.740	»	69.013	4.000	73.058
	Affinage au charbon de bois	»	54	94		»	45	»	
Meurthe-et-Moselle	Puddlage	»	39.230	10.160	49.733	»	36.895	9.110	46.005
	Réchauffage de vieux fers	»	343	»		»	»	»	
	Puddlage	»	18.762	»		»	15.403	»	
Meuse	Affinage au charbon de bois	»	»	»	19.682	»	670	»	16.945
	Réchauffage de vieux fers et riblons.	»	920	»		»	872	»	
	Puddlage	»	»	4.443		»	»	4.030	
Morbihan	Affinage au charbon de bois.	»	»	1.440	7.011	»	»	527	6.091
	Rchauffage de vieux fers	»	»	1.128		»	»	1.534	
	Puddlage	62	16.926	»		12	9.943	»	
Nièvre...........	Affinage au charbon de bois........	»	1.630	227	18.924	»	1.609	340	11.969
	Réchauffage de vieux fers et riblons.	»	79	»		»	65	»	
Nord	Puddlage	14.904	267.354	22.825	305.133	13.155	259.238	20.568	292.961
	Affinage au charbon de bois.........	»	50	»		»	»	»	
	Puddlage.........................	»	23.746	8.045		»	16.946	5.149	
Oise	Affinage au charbon de bois	»	407	1.820	35.612	»	610	673	24.665
	Réchauffage de vieux fers	»	1.594	»		»	1.287	»	

PRODUCTION DES FERS (*suite*).

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DU FER.	1883				1884			
		RAILS.	FERS marchands et spéciaux.	TÔLES.	PRODUCTION totale.	RAILS.	FERS marchands et spéciaux.	TÔLES.	PRODUCTION totale.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Pas-de-Calais	Réchauffage de vieux fers et riblons.	»	256	»	256	»	328	»	328
Pyrénées-Orient..	Affinage au charbons de bois (foyers catalans).	»	360	»	360	»	444	»	444
Rhin (Haut) (Territoire de Belfort)........	Affinage au charbon de bois	»	1.809	»	1.809	»	1.602	»	1.602
Saône (Haute-)...	Puddlage	»	»	130	1.112	»	»	80	1.150
	Affinage au charbon de bois.........	»	242	740		»	240	830	
Saône-et-Loire ...	Puddlage	220	38.511	13.857	56.318	28	36.699	11.660	51.301
	Affinage au charbon de bois.	»	94	3.636		»	75	2.839	
Sarthe...........	Affinage au charbon de bois.........	»	95	»	95	»	84	»	84
Savoie...........	Idem.............................	»	70	»	70	»	19	»	19
Savoie (Haute-)...	Idem.............................	»	145	»	2.040	»	»	»	1.866
	Réchauffage de riblons...	»	1.440	455		»	1.181	685	
Seine............	Puddlage	»	43	»	47.276	»	497	»	42.231
	Réchauffage de riblons	»	47.233	»		»	41.734	»	
Seine-Inférieure ..	Réchauffage de vieux fers..........	»	576	»	576	»	558	»	558

Seine-et-Oise	Réchauffage de vieux fers	»	2.883	»	2.883	»	2.726	»	2.726
Somme	Puddlage	»	1.598	»	1.598	»	2.461	»	2.461
Tarn	Idem	»	2.947	»	3.417	»	2.469	»	2.901
	Réchauffage de riblons	»	470	»		»	432	»	
Vienne	Réchauffage de vieux fers	»	58	»	58	»	14	»	14
Vosges	Affinage au charbon de bois	»	453	1.661	2.114	»	343	1.663	2.006
Yonne	Puddlage	»	10.680	»	10.705	600	7.250	»	7.850
	Affinage au charbon de bois	»	25	»		»	»	»	

RÉCAPITULATION.

Fer	Puddlé	19.214	699.891	122.476	841.581	15.655	631.593	105.835	753.088
	Affiné au charbon de bois	»	24.307	12.351	36.658	»	23.150	11.237	34.387
	Obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons	»	84.865	15.813	100.678	»	78.931	11.420	90 351
	Totaux	19.214	809.063	150.640	978.917	15.655	733.679	128.492	877.826
Diminutions						3.559	75.384	22.148	101.091

Observation. — Les fers bruts ou massiaux transformés en produits marchands dans des départements autres que ceux où ils ont été fabriqués, ne figurent pas sur le tableau, afin d'éviter un double emploi.

PRODUCTION DES ACIERS.

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DE L'ACIER.	1883 RAILS.	1883 ACIERS marchands	1883 TÔLES.	1883 PRODUCTION totale.	1884 RAILS.	1884 ACIERS marchands	1884 TÔLES.	1884 PRODUCTION totale.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
	Fusion au foyer Bessemer	8.100	»	»		80	•	»	
Allier	Fusion au four Siemens-Martin	»	3.469	268	11.837	10	5.724	685	6.761
	Puddlage	•	»	»		»	262	»	
	Fusion au foyer Bessemer (procédé Thomas)	»	»	1.447		»	337	3.505	
	Fusion au four Siemens-Martin	»	61	»		»	»	»	
Ardennes	Cémentation	»	6	»	1.573	»	4	»	4.346
	Fusion au creuset	»	53	»		»	28	»	
	Réchauffage de vieil acier	»	6	»		»	129	293	
	Fusion au four Siemens-Martin	•	2.996	»		»	3.374	»	
Ariège	Puddlage	•	2.729	»	5.945	•	1.572	»	5.179
	Cémentation	»	165	»		»	178	»	
	Fusion au creuset	»	55	»		»	55	»	
Aube	Puddlage	»	»	»	»	»	1.245	»	1.245
Aveyron	Fusion au four Siemens-Martin	30.369	•	»	30.369	21.041	163	»	21.204
	Fusion au foyer Bessemer	»	255	•		»	45	160	
Côte-d'Or	Affinage au charbon de bois	»	150	»	635	•	630	11	1.108
	Cémentation	•	130	»		»	200	2	
	Fusion au creuset	»	100	•		»	50	10	
	Puddlage	»	21	»		»	13	»	
Côtes-du-Nord	Cémentation	»	6	»	33	»	1	»	15
	Fusion au creuset	»	6	»		»	1	»	
Doubs	Puddlage; affinage au charbon de bois	»	•	»	»	»	»	84	84
Gard	Fusion au foyer Bessemer	54.083	2.245	•	74.667	42.298	1.034	»	56.565
	Fusion au four Siemens-Martin	15.142	3.107	»		9.635	3.598	»	
Garonne (Haute-)	Cémentation	»	117	»	117	•	123	•	123

Isère	Fusion au four Siemens-Martin	»	4.965	»	7.348	»	2.506	»	4.709
	Puddlage	»	1.496	»		»	1.338	»	
	Cémentation	»	277	»		»	410	»	
	Fusion au creuset	»	610	»		»	455	»	
Landes	Fusion au foyer Bessemer	3.104	»	»	3.104	25 291	»	»	25.291
Loire	Fusion au foyer Bessemer	45.257	3.112	1.332	117.709	18.131	2.484	954	66.210
	Fusion au four Siemens-Martin	21.913	21.366	11.944		647	21.233	10.528	
	Puddlage, affinage au charbon de bois	»	5.549	»		»	4.489	»	
	Cémentation	»	1.412	»		»	1.388	»	
	Fusion au creuset	»	5.310	214		»	5.871	235	
	Réchauffage de vieil acier	»	300	»		»	250	»	
Loire-Inférieure	Fusion au foyer Bessemer	7.243	446	357	12.493	29.750	650	»	36.050
	Fusion au four Siemens-Martin	430	1.357	2.660		»	1.600	4.050	
Meurthe-et-Moselle	Fusion au foyer Bessemer (procédé Thomas)	32.532	»	»	34.259	52.564	9.414	»	63.724
	Puddlage	»	1.113	614		»	1.125	621	
Meuse	Fusion au foyer Bessemer (procédé Thomas)	»	157	»	157	»	465	»	1.235
	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	»		»	770	»	
Morbihan	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	30	30	»	»	1.317	1.550
	Réchauffage de vieil acier	»	»	»		»	»	233	
Nièvre	Fusion au four Siemens-Martin	»	2.371	481	3.468	»	1.645	902	3.051
	Puddlage	»	160	»		»	459	»	
	Fusion au creuset	»	454	2		»	49	5	
Nord	Fusion au foyer Bessemer	75.649	4.293	1.682	88.781	65.626	2.463	2.939	76.345
	Fusion au four Siemens-Martin	6.438	116	187		4.823	168	326	
	Cémentation	»	45	»		»	»	»	
	Fusion au creuset	»	280	»		»	»	»	
	Réchauffage de vieil acier	»	»	91		»	»	»	
Oise	Fusion au four Siemens-Martin	»	512	2.890	3.402	»	330	3.432	3.762
Pas-de-Calais	Fusion au foyer Bessemer	33.166	»	»	33.166	54.051	»	»	54.051
Rhône	Idem	»	»	»	»	»	»	»	»
Saône-et-Loire	Fusion au foyer Bessemer	57.851	4.000	»	90.536	47.485	3.064	1.106	74.555
	Fusion au four Siemens-Martin	»	19.633	9.052		»	14.345	8.555	
	A reporter	391.277	95.101	33.251	519.629	371.432	95.778	39.953	507.163

PRODUCTION DES ACIERS (*suite*).

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DE L'ACIER.	1883.				1884.			
		RAILS.	ACIERS marchands	TÔLES	PRODUCTION totale	RAILS.	ACIERS marchands	TÔLES	PRODUCTION totale
	Report..............	391.277	95.101	33.251	519.629	371.432	95.778	39.953	507.163
Savoie...........	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	»	39	»	78	»	78
	Puddlage	»	39	»		»	»	»	
Seine............	Fusion au foyer Bessemer..........	»	89	»	449	»	112	»	559
	Fusion au four Siemens-Martin. . .	»	360	»		»	447	»	
Tarn	Puddlage	»	1.026	»	1.703	»	1.135	»	1.716
	Cémentation....	»	221	»		»	173	»	
	Fusion au creuset.........	»	456	»		»	408	»	
	RÉCAPITULATION.								
Acier..	Fondu au foyer Bessemer...........	316.985	14.597	4.818	336.400	335.276	20 118	8.664	364.058
	Fondu au four Siemens-Martin......	74.292	60.403	27.512	162.207	36.156	55.981	29.795	121.932
	Puddlé et de forge.	»	12.283	614	12.897	»	12.268	716	12.984
	Cémenté..........................	»	2.379	»	2.379	»	2.477	2	2.479
	Fondu au creuset..................	»	7.324	216	7.540	»	6.908	250	7.158
	Obtenu par réchauffage de vieil acier.	»	306	91	397	»	379	526	905
	Totaux................	391.277	97.292	33.251	521.820	371.432	98.131	39.953	509.516
	Augmentations..					»	839	6.702	»
	Diminutions..					19.845	»	»	12.304

OBSERVATION. — Les lingots ou massiaux transformés en produits marchands dans des départements autres que ceux où ils ont été fabriqués, tels que les lingots du Rhône et une partie de ceux de l'Allier, ne figurent pas sur le tableau, afin d'éviter un double emploi.

MÉMOIRE

SUR LA GÉOLOGIE GÉNÉRALE

ET

SUR LES MINES DE DIAMANTS

DE L'AFRIQUE DU SUD

Par M. A. MOULLE, ingénieur civil des mines.

Ce mémoire sera divisé en deux parties :

1° Une étude générale de l'Afrique du Sud au point de vue géologique;

2° Une étude spéciale des mines de diamants.

Dans la première partie, nous avons essayé d'exposer l'état des connaissances actuelles sur la géologie de l'Afrique du Sud, en insistant surtout sur l'immense formation horizontale des déserts des Karoos, et sur les roches éruptives, diamantifères ou autres, que nous avons pu nous-même étudier personnellement sur place. Nous avons tâché de compléter et d'éclaircir cette étude, malheureusement encore bien incomplète, par l'esquisse d'une carte géologique et deux grandes coupes de l'Afrique du Sud (*).

(*) Outre les renseignements provenant de nos études personnelles pendant plus de deux ans dans l'Afrique du Sud, nous avons utilisé, pour la rédaction de ce mémoire, les renseignements que nous a donnés le regretté M. Stow, le géologue de la

Dans la seconde partie, nous avons tâché de mettre en lumière l'importance considérable et encore presque inconnue en Europe des mines de diamants du Cap, en montrant la production et la richesse de ces mines, les phases par lesquelles elles ont passé depuis leur découverte, ainsi que les procédés et les moyens d'exploitation actuellement employés.

PREMIÈRE PARTIE.

GÉOLOGIE GÉNÉRALE DE L'AFRIQUE DU SUD.

Le relief de l'Afrique du Sud correspond très nettement dans ses lignes générales aux formations géologiques qui constituent le sol de cette contrée. Nous grouperons en conséquence ces formations en quatre grandes catégories, de la façon suivante :

1° Roches granitiques et gneissiques, roches cristallines, formations sédimentaires anciennes, cambriennes et siluriennes, correspondant aux plaines basses de la côte et aux plateaux bas de l'intérieur.

2° Dépôts marins dévoniens et carbonifères, corres-

---

colonie du Cap, et les publications suivantes : *Handbook for South Africa*, — *Handbook for the Cape Colony ;* — les publications et les notes parues dans le *Quarterly Journal* de la Société géologique de Londres; — l'ouvrage de Weber, *Vier Jahre in Africa*; — *Le Diamant*, par MM. Jacobs et Chatrian ; — la carte géologique de Dunn ; — la carte géologique de Natal, par Griesbach ; — les cartes de l'état-major anglais pour la colonie du Cap et le Griqualand West; — la carte du Transwaal et de la République d'Orange, par Jeppe; — les cartes et itinéraires de Mauch, Kuss, Bain, etc., etc.

pondant aux chaînes montagneuses qui séparent la côte des plateaux du centre.

3° Dépôts lacustres triasiques, formant les grands plateaux et les montagnes du centre sud-africain.

4° Roches éruptives (granites, mélaphyres, diorites, roches diamantifères, etc.).

Les trois premières catégories de formations déterminent l'allure et le relief général du sol. Les roches éruptives traversent les roches sédimentaires ou alternent avec elles, sous forme de filons ou de nappes d'épanchement; quoique présentant un très grand intérêt au point de vue géologique, ces roches n'ont qu'une très faible influence de détail sur le relief général.

Nous décrirons successivement ces différentes formations, en ajoutant quelques indications sur les terrains jurassiques et tertiaires, et sur les formations qui se constituent encore actuellement (sables rouges et jaunes des déserts, calcaires tufacés, etc.).

CHAPITRE I.

ROCHES ET FORMATIONS SÉDIMENTAIRES ANCIENNES.

Les roches et les formations de la première catégorie comprennent :

1° Des granites et des gneiss.

2° Des schistes métamorphiques (schistes du Namaqualand).

3° Des schistes très anciens (cambriens, schistes de Malmesburry).

4° Des quartzites, calcaires siliceux, calcaires cristallins, probablement siluriens (Kaap Plateau, Kalahari, Leydenburg Gold-fields, etc.).

§ 1. — Granites et Gneiss.

Les granites et les gneiss constituent, comme l'a remarqué Livingstone pour la première fois, la base fondamentale sur laquelle se sont déposées les formations sédimentaires qui déterminent le relief actuel de l'Afrique du Sud. Ils forment généralement d'immenses plateaux peu élevés, des masses isolées dépassant les terrains sédimentaires anciens, ou le fond des vallées profondes creusées par l'action des eaux.

En tous les points où le niveau du sol ne dépasse guère, par suite des dénudations postérieures, 600 à 900 mètres, le granite et le gneiss affleurent généralement.

A. *Granites du cap de Bonne-Espérance.* — Au sud même de la colonie du Cap, dans la vaste plaine comprise au nord de Cape-Town, entre la côte de l'Océan Atlantique et la première chaîne montagneuse, à partir de Sainte-Helena-Bay, au Nord (voir la carte, *fig.* 1, Pl. V, et la coupe Pl. VI), le granite pointe partout où la dénudation des schistes anciens qui le recouvrent a été suffisante pour le laisser affleurer.

Le granite forme aussi la base de la célèbre montagne de la Table, différentes collines ou petites montagnes aux formes arrondies situées entre Paarl, Wellington, Malmesburry et Stellenbosh, et les quatre mamelons de la presqu'île de St-Helena-Bay.

A l'est, quelques lambeaux granitiques se montrent aussi, dépassant les schistes anciens, près de Robertson et Swellendam. Le granite forme de même le sol des environs de Mossel-Bay. Ces granites n'atteignent jamais, sauf à la montagne de la Table, des hauteurs considérables; ils ne dépassent généralement pas le niveau de 200 à 300 mètres.

Les granites du Cap sont de belle qualité et à gros grain, ils sont blancs ou grisâtres. Ils sont exploités principalement près de Paarl, et ont servi à la construction des monuments et des principales maisons de Cape-Town.

Ces granites sont inférieurs aux schistes anciens qui les recouvrent dans toute la contrée. En certains points cependant, et en particulier à la montagne de la Table, ils paraissent recouper, sous forme d'intrusions, les schistes anciens.

B. *Gneiss et granites du Petit-Namaqualand et du Bushmanland.* — Au nord de St-Helena-Bay le granite disparaît entièrement sous les schistes anciens et métamorphiques du Namaqualand pour reparaître au sud de l'Orange-River associé avec des gneiss.

Ces deux roches, granite et gneiss, s'étendent dans le Namaqualand parallèlement à la mer, dont elles ne sont souvent séparées que par une bande étroite de schistes métamorphiques (voir la coupe *fig.* 1, Pl. VII) sur une longueur de 300 kilomètres. Elles s'avancent dans l'intérieur parallèlement au cours du fleuve Orange sur une longueur de 500 kilomètres. Elles forment presque en entier le sol du pays des petits Namaquas et l'immense plateau connu sous le nom de Bushmanland.

A partir de la côte, la formation de gneiss s'élève peu à peu, jusqu'à la chaîne qui court parallèlement à la mer où elle atteint les hauteurs maxima de 1.530 mètres (Kamyes Berge), 1.200 mètres (Vogels Klip), 1.350 mètres (Riet-Berge). Au delà de cette chaîne, à l'ouest, le niveau des gneiss s'abaisse brusquement jusqu'à 1.000 ou 1.100 mètres, niveau de l'immense plateau stérile et sans eau du Bushmanland.

Le gneiss du Namaqualand est tendre et friable; il paraît comme altéré par le contact avec une roche ignée sous-jacente; cette roche, probablement feldspa-

thique, est très dure et cristalline, elle surgit souvent au-dessus du granite en dykes ramifiés. Ces feldspaths se présentent généralement sous forme de petites collines rondes ou coniques, bien reconnaissables à leur couleur brun rougeâtre; ils sont en connexion intime avec les célèbres mines de cuivre de cette contrée et ont souvent servi de guide dans la recherche même de ces mines (Wyley). Le gneiss est recoupé, en outre, par de nombreuses éruptions d'un granite plus récent et par des trapps (?).

Dans le sud de Namaqualand, le gneiss passe parfois à un véritable granite, qu'il devient souvent impossible de distinguer des éruptions granitiques plus récentes qui le recoupent en veines ou en filons.

La stratification du gneiss, quand elle est déterminable, est quelquefois presque verticale, quelquefois horizontale. Elle est rarement assez marquée pour exercer une influence sur la forme des collines. Cependant les collines de gneiss et de granite du Bushmanland ont parfois, dans le centre de cette région, une tendance à une forme tabulaire, due en beaucoup de cas à une disposition horizontale des roches.

C. *Granite et gneiss du Grand-Namaqualand et du Damaraland.* — De l'autre côté de l'Orange-River, dans le Grand-Namaqualand et le Damaraland, le gneiss perd son importance et est presque entièrement remplacé par le granite. D'après le voyageur Anderson, le granite court parallèlement à la côte de l'Océan Atlantique et s'avance parfois jusque dans l'intérieur de la contrée.

Sauf dans le voisinage immédiat de la côte, il s'élève généralement en masses isolées d'une hauteur de 300 à 900 mètres, quelquefois de forme arrondie, mais plus souvent en forme de pics. Tels sont les pics importants d'Okoniona et d'Omotako.

On rencontre parfois aussi le granite formant des collines ou des escarpements, comme ceux d'Erongo, de Doomsia, d'Otjonkama.

Tous les granites de cette dernière partie de l'Afrique du Sud, sont fortement imprégnés d'oxyde de fer qui leur donne une couleur rougeâtre.

D. *Granite du pays de Matébélé.* — De l'autre côté du grand désert du Kalahari, sur le versant de l'Océan Indien, les géologues Bain et Mauch ont constaté l'existence d'une immense contrée granitique et gneissique. Le granite et le gneiss, dans le pays de Matébélé, forment la ligne de partage des eaux, connue sous le nom des monts Mashona et Matoppo.

Les granites s'étendent au loin de chaque côté de cette chaîne. Ils ont été reconnus par les itinéraires des voyageurs que nous venons de citer, sur une largeur souvent supérieure à 100 kilomètres. Ils ont été reconnus aussi par Mauch, dans son itinéraire d'Iniati — mission au Limpopo, — en suivant le cours du Kubye.

Des monts Matoppo en descendant vers le Transvaal, Bain a constaté aussi l'existence des granites et des gneiss, jusqu'auprès de la petite ville de Rustenburg en passant par les mines d'or du Tati, Shoshong et le Marico River (coupe de la Pl. VI).

E. *Granites des monts Manica et Gorongoza.* — Tout dernièrement enfin M. l'ingénieur des mines Küss, dans l'expédition qu'il a faite au Zambèze, a constaté l'existence des granites et des gneiss au sud et à peu de distance de ce fleuve, formant les monts Manica et Gorongoza ainsi que la contrée environnante.

Dans ces conditions, et de l'ensemble même des itinéraires que nous venons de citer, il nous est permis de conclure, que l'ensemble du territoire compris entre le

Zambèze et le Transvaal est formé par une immense formation de granite et de gneiss, traversée seulement par des roches mélaphyriques, dioritiques, porphyriques et serpentineuses (Mauch et Küss).

Au nord, cette formation disparaît près du Zambèze, sous les grès de l'époque triasique; au sud, dans le Transvaal, sous des formations probablement dévoniennes et siluriennes. L'immense plateau granitique ainsi reconnu ne mesure pas moins de 980 kilomètres de long sur 280 kilomètres de large.

Les plus hauts points où s'élèvent les granites atteignent des hauteurs de 2.000 à 2.200 mètres dans les monts Matoppo, Manica et Gorongoza.

En dehors de ces montagnes et de la chaîne de partage des eaux, les granites se maintiennent à un niveau ne dépassant guère 700 à 900 mètres (voir la coupe Pl. VI).

Le granite du pays de Matébélé passe parfois à la granulite, à la syénite (Mauch), à la pegmatite, au gneiss amphibolique rubané (Küss).

F. *Granite et gneiss du Transvaal et du Zululand.* — La formation des granites et des gneiss atteint un très grand développement dans le Transvaal.

Les gneiss constituent le sol de presque tous les hauts plateaux et les bases des montagnes de cette contrée. Dans le centre du Transvaal ils s'étendent depuis le voisinage de Potchef's-Strom au sud, jusqu'au Zout-Pan's-Berg au nord, sur une longueur de 450 kilomètres et une largeur moyenne de 160 kilomètres.

A l'est du Transvaal, au delà du prolongement de la chaine des Drakensberg et des monts de Leydenburg, les gneiss affleurent de nouveau formant une longue bande N.-S. d'une longueur d'environ 400 kilomètres et d'une largeur moyenne de 60 kilomètres.

Le granite affleure à l'ouest de Leydenburg sur une

longueur de 130 kilomètres et une largeur moyenne de 30 kilomètres. Il forme, avec des syénites, la base des Champs d'or de Leydenburg à l'ouest de cette ville.

Au sud des Champs d'or, au delà de l'Umkomati-River, les granites reparaissent avec les gneiss formant une chaîne basse de 130 kilomètres de long et 20 kilomètres de large.

Au Zululand, on a reconnu l'existence du granite sur les bords des rivières Umvolosi et Umhlatusi. Les affleurements granitiques du Zululand forment la jonction entre les formations de granite et gneiss du Transvaal et de Natal.

G. *Granite et gneiss de Natal.* — A Natal, le granite se montre tout le long de la côte jusqu'à une certaine distance dans l'intérieur. Il est partout recouvert de formations sédimentaires, et ne se montre que sur les flancs des collines ou au fond des vallées très profondes (Griesbach).

En traçant une ligne droite de la rivière Umtwalumé vers le nord, on limite à l'ouest toute la partie de la contrée où les granites et les gneiss atteignent la surface du sol, au travers des couches qui les recouvrent (voir la coupe *fig.* 1, Pl. VII).

Le granite à Natal est gris et à grain fin, quelquefois il devient très grossier et contient alors de larges cristaux de feldspath. Dans son ensemble, il a la même apparence que celui du Cap, que de Hochstetter a décrit pour la première fois comme semblable au granite de Carlsbad.

Par places, on rencontre une variété de granite rouge, dans lequel le quartz et le mica disparaissent entièrement; la roche devient alors feldspathique, et sa décomposition peut s'étendre très profondément quand elle présente l'apparence du kaolin, comme cela peut se voir aux rivières Umzinto et Jfofa.

Le granite atteint son plus haut point d'élévation à Natal, dans les comtés Victoria et d'Umvoti, où le groupe du Noodsberg et les fonds des vallées des rivières Umvoti et Tugela sont formés principalement de cette roche.

Le gneiss se rencontre en quelques points seulement, comme à la base du Sluten-Konga et aux sources de l'Umtwalumé.

Le granite de Natal est traversé dans toutes les directions par des filons de quartz qui ont souvent plus de deux pieds d'épaisseur et forment au-dessus du sol de véritables dykes.

Le granite et le gneiss dans l'Afrique du Sud se montrent bien comme la véritable base de cette contrée. Partout ils plongent vers le centre du pays sous des roches métamorphiques, siluriennes, dévoniennes ou triasiques. Leur présence au centre même de l'Afrique du Sud sous la grande formation du *Karoo* n'a été mise hors de doute que tout récemment, par la découverte que nous avons faite à Kimberley de nombreux boulets de granites gneissiques analogues à ceux du Cap et de Natal, amenés des profondeurs par la roche diamantifère éruptive.

H. *Age des granites et des gneiss.* — L'ensemble des granites et des gneiss de l'Afrique du Sud est certainement primitif (*), car partout ces roches sont recouvertes par les roches sédimentaires les plus anciennes.

Bain, le géologue voyageur de la colonie du Cap, tout en les admettant comme très anciens, ne les considérait pas cependant comme absolument primitifs, à cause de leur intrusion apparente dans les schistes cambriens qui entourent la base de la Table Mountain (Cape-Town).

(*) Nous employons ici le mot primitif dans le sens de plus ancien, le granite et le gneiss « primitifs » de l'Afrique du Sud étant pour nous les roches les plus anciennes connues de l'Afrique du Sud.

Nous avons vu qu'il existe dans le Namaqualand de nombreux dykes d'un granite véritablement éruptif recoupant les gneiss et les granites primitifs et se confondant parfois d'une façon absolue avec ces derniers, dont ils possèdent tous les caractères. Nous croyons, quant à nous, que le même phénomène s'est passé pour les intrusions qui avaient dérouté Bain, et nous admettons, jusqu'à preuve du contraire, l'ancienneté absolue de la formation générale granitique et gneissique de l'Afrique du Sud.

§ 2. — Schistes métamorphiques.

Les schistes métamorphiques (micachistes, talc-schistes, schistes argileux et chloriteux) se rencontrent toujours dans l'Afrique du Sud reposant sur le granite ou le gneiss. Ils atteignent leur plus grand développement dans le petit et le grand Namaqualand qui leur ont donné leur nom.

A. *Schistes métamorphiques du Namaqualand.* — Les schistes du Namaqualand forment pour ainsi dire au nord et à l'est comme la ceinture de la grande formation gneissique du Namaqualand et du Bushmanland. Ils s'étendent au nord de l'Orange-River dans le grand Namaqualand et sont recouverts plus au nord par les formations dévoniennes et siluriennes du Kalahari, du Namaqualand et du Damaraland.

B. *Schistes métamorphiques de Natal.* — Sur la côte Est de l'Afrique du Sud, on rencontre les schistes métamorphiques, dans le voisinage immédiat de l'Océan Indien, reposant en certains points sur le granite de Natal. Leur stratification, dans ce dernier pays, est toujours presque verticale, 70° à 75° (Griesbach), avec une direction N.-S.

Ces schistes forment quelquefois la base de collines ou de montagnes tabulaires. Dans ce cas, ils sont recouverts par des grès dévoniens. Les schistes argileux et chloriteux sont surtout en évidence sur les bords de l'Umzimculunu (comté d'Alfred), à la jonction de la rivière Tugela avec l'Umziniati, et aussi près de l'Itemani, petit tributaire du Tugela.

C. *Schistes métamorphiques du Matébélé.* — On rencontre aussi de nombreux lambeaux de roches métamorphiques sur le grand plateau granitique du Matébélé (Mauch et Küss). Au Tati même, la roche est un schiste argileux métamorphique ayant même direction N.-S. et même inclinaison 70° que ceux de Natal.

Les schistes métamorphiques de l'Afrique du Sud n'ont que peu d'importance tant au point de vue des espaces qu'ils recouvrent, qu'à celui du relief du sol. Ils ne sont restés sur les granites que comme des témoins des anciennes formations.

§ 3. — **Schistes cambriens.**

A. *Schistes cambriens de Malmesburry.* — La formation des schistes de Malmesburry est pour les côtes Sud-Est et Sud de l'Afrique du Sud, depuis l'Olifant's-River jusqu'à St Francis-Bay, l'équivalent des schistes du Namaqualand. Ces schistes s'étendent parallèlement à la côte sur une largeur de 20 à 100 kilomètres, formant une zone de plaines basses ne dépassant guère le niveau de 100 à 200 mètres (voir la carte *fig.* 1, Pl. V, et la coupe Pl. VI). Entre Mossel-Bay et St Francis-Bay, ils sont remplacés par une bande de schistes métamorphiques.

Ils pénètrent dans les deux longues et étroites vallées de l'Olifant et du Breede-River, dont ils forment le fond ainsi que le lit du Kromme-River; ils n'y dépassent guère

le niveau de 300 mètres et supportent la formation dévonienne; ils reposent toujours directement sur une base de granite ou de gneiss.

Cette formation composée de schistes argileux vert-brunâtres, passant au rougeâtre, est toujours sans fossiles. Elle est d'une énorme épaisseur et toujours stratifiée sous une très forte inclinaison, parfois même elle est verticale comme dans la carrière de Lion's-Hill (Cape-Town).

Elle n'a, jusqu'à présent, été reconnue dans aucune autre partie de l'Afrique du Sud, et paraît manquer complètement partout ailleurs que sur les côtes Sud-Est et Sud.

Les schistes de Malmesburry sont très anciens et correspondent très probablement à l'époque cambrienne.

§ 4. — **Quartzites et calcaires siluriens.**

A. *Quartzites, jaspes et calcaires du Kaap-Plateau.* — Au Nord de l'Orange-River, s'étend une formation puissante de roches anciennes. Cette formation couvre la plus grande partie du Griqualand-West (Kaap-Plateau). D'après les renseignements qu'a bien voulu nous fournir le géologue Stow, qui l'a étudiée ; elle forme le sol du grand désert si peu connu du Kalahari, tout au moins dans sa partie orientale ; elle comprend des quartzites, des jaspes et des calcaires caverneux.

Les couches ont une faible inclinaison, 15 à 20° vers le N.-O. dans la montée du Kaap Plateau qui se trouve près du Hart-River.

Le jaspe est excessivement abondant dans cette formation, il est diversement coloré, depuis le bleu pâle jusqu'au rouge, approchant quelquefois du vermillon. La surface de certaines couches de jaspe apparaît parfois comme d'immenses masses polies de cire à cacheter.

Les minerais de fer, hématite et magnétite, abondent dans cette région, les derniers en telles quantités que

l'usage de la boussole devient impossible, l'aiguille se tournant en tous sens vers les rocs les plus rapprochés.

Près de Blink-Klip une variété de stéatite est associée avec quelques-uns de ces dépôts; mais la place exacte des gisements est soigneusement cachée par les natifs.

En certains points, les couches passent à un quartz fibreux jaunâtre ou bleuâtre d'une très belle couleur et à éclat miroitant, qui a donné, ces deux dernières années, la pierre connue dans la bijouterie sous le nom d'*œil de tigre*.

Les roches du Kaap-Plateau s'étendent aussi vers le Sud au delà de l'Orange-River où elles vont recouvrir les gneiss du Bushmanland. Elles ont formé autrefois des barrières aux eaux du fleuve Orange, comme il est facile de le vérifier près de Kheis. En ce point, de chaque côté de la rivière, des couches de quartz d'une épaisseur de 180 à 200 pieds forment une muraille élevée qu'a dû couper le fleuve Orange pour se frayer un passage. Les débris de la muraille de quartz ainsi détruite se dressent comme des ruines, au milieu des rapides qu'ils forment dans la rivière.

B. ***Désert du Kalahari***. — Dans la partie orientale du Kalahari, le sol est formé par des couches de quartzite faiblement ondulées et recouvertes en beaucoup d'endroits par du sable provenant de la décomposition des quartzites mêmes.

Le Kalahari, contrairement à l'opinion reçue, n'est pas à proprement parler un désert; sa surface est couverte de végétation, et le gibier y est très abondant. Il constitue le véritable territoire de chasse des nègres Betschuanas, qui y font chasser l'autruche, la girafe et l'éléphant par les Bushmen qu'ils ont soumis à une sorte de domesticité ou d'esclavage. Les sources ou les puits assez nombreux sont soigneusement dissimulés aux Européens

par les nègres, jaloux de conserver un riche territoire de chasse.

Tous ces renseignements nous ont été donnés par M. Stow, qui s'est avancé de plus de deux jours dans l'intérieur du Kalahari, et qui n'a dû reculer que devant le manque d'eau.

Le niveau du Kalahari est relativement peu élevé. D'après Anderson, sa hauteur moyenne serait d'environ 1.000 à 1.100 mètres. Son bord oriental s'élèverait seulement de 800 à 1.000 mètres (Holden et Livingstone).

Ce plateau s'étend sur une immense surface : sa longueur n'est pas inférieure à 900 kilomètres, et sa largeur moyenne est de 500 kilomètres.

C. *Quartzites du Namaqualand.* — Au delà du Kaap Plateau, à l'ouest, les quartzites et les calcaires se continuent jusqu'au Namaqualand, où on les rencontre formant des collines tabulaires. La forme de ces collines est due à l'horizontalité des couches de quartzite et de calcaire. (Wyley).

Les roches siliceuses du Kaap-Plateau forment un massif relativement élevé par rapport à la contrée environnante. On peut estimer son élévation moyenne de 1.350 à 1.800 mètres. Stow a toujours considéré ces roches comme correspondant à l'époque silurienne. Il a été malheureusement impossible jusqu'à présent de déterminer exactement leur âge.

La surface pour ainsi dire entière du Kaap Plateau est couverte d'un sable graveleux et souvent aussi de galets de quartzite, de jaspe et d'hématite (Stow), qui paraissent avoir été roulés et usés par les eaux.

Nous ne pensons pas que le silurien s'étende dans le Kalahari jusqu'au lac N'Gami ; nous croyons au contraire, d'après les indications géographiques que nous avons reçues, que cette partie de l'Afrique du Sud est

plutôt formée par un plateau de gneiss analogue à celui du Bushmanland.

D. *Terrain silurien du Transvaal.* — On retrouve au Transvaal, dans le district de Leydenburg, la formation des quartzites et des calcaires siluriens dont nous venons de parler. Cette formation, désignée par Cohen sous le nom de *formation de Leydenburg*, repose sur une base granitique ou syénitique, qui forme parfois le fond des vallées. Elle est ou horizontale ou inclinée de quelques degrés seulement vers le nord.

On distingue dans cette formation quatre couches principales :

1° Au sommet des collines et des plateaux, se trouve un grès siliceux contenant parfois de grossiers grains de quartz ;

2° Au-dessous de ce grès, on rencontre des argiles et des schistes talqueux, souvent colorés en rouge ;

3° Au-dessous des schistes, se rencontre un épais banc de quartzite, blanc ou jaunâtre, et parfois gris-bleuâtre ;

4° Au-dessous des quartzites, on trouve un banc fortement métamorphique de calcaire dolomitique gris bleuâtre à texture saccharoïde et très caverneux.

Cette formation des Champs d'or de Leydenburg, que nous rattachons au terrain silurien comme les précédentes, a été recoupée par un très grand nombre de roches éruptives, granites, syénites, mélaphyres, diorites, basaltes, et même des laves modernes.

Elle est traversée aussi par un très grand nombre de filons quartzeux très puissants et très constants en direction, qui constituent les gîtes aurifères de cette contrée.

E. *Calcaire cristallin de Natal.* — A Natal, on a rencontré un calcaire cristallin d'une grande épaisseur que,

faute de meilleures indications, nous décrirons ici comme se rattachant aux calcaires siluriens.

A la bouche de l'Umzimculu, cette rivière traverse des calcaires cristallins, formant sur ses deux rives des murailles à pic de 500 à 1.000 mètres. Le fond de la rivière est formé par les mêmes calcaires qui ne recouvrent que 4 milles carrés de superficie. Il est impossible jusqu'à présent de fixer les rapports de ce calcaire avec les formations voisines.

Toutes les formations que nous venons de décrire, primitives, métamorphiques ou sédimentaires anciennes, forment des plaines ou des plateaux bas. Sauf les formations siluriennes, elles sont toutes fortement plissées et relevées, et ont dû subir par conséquent des actions de soulèvements intenses ou répétés. Leur niveau actuel, sauf certains cas exceptionnels, se maintient entre 0 et 1.000 mètres.

CHAPITRE II.

FORMATIONS MARINES.

Les formations de la seconde catégorie comprennent :

1° Des grès et schistes dévoniens (grès de la montagne de la Table, schistes du Bokkeveld);

2° Des grès, des calcaires et des schistes carbonifères (grès et schistes des Zuurberg, Zwarteberg et Witteberg Mountains);

3° Des conglomérats et couches oolithiques (formation d'Uitenhage, conglomérat d'Enon et couches de la rivière Sonday);

4° Des couches tertiaires (formation d'Albany).

§ 1. — Formations dévonienne et carbonifère.

Les terrains dévoniens et carbonifères de l'Afrique du Sud constituent, dans cette contrée, l'enceinte montagneuse parfaitement définie, courant parallèlement à la côte, qu'il faut gravir avant d'atteindre les hauts plateaux déserts et désolés du centre.

Dans la colonie du Cap, ils forment une bande longue et étroite (voir la carte *fig.* 1, Pl. V), qui commence près du Bushmanland, pour aller finir à l'embouchure du Great-Fish-River, un peu au delà d'Algoa-Bay.

Les chaînes de montagnes que constitue cette bande, sensiblement parallèles entre elles et à la côte, sont généralement formées par les affleurements plus ou moins répétés des grès de ces formations, le fond des vallées étant formé par les schistes des mêmes formations ou de formations plus anciennes.

Souvent les couches dévoniennes et carbonifères, au lieu d'être plissées et relevées comme elles l'ont été dans la bande que nous venons de citer, sont restées horizontales; elles forment alors des montagnes tabulaires dont le type le plus célèbre est la fameuse montagne de la Table du Cap de Bonne-Espérance (voir la coupe Pl. VI).

A. *Terrain dévonien de la Colonie du Cap.* — Le terrain dévonien est assez complet dans la colonie du Cap; c'est là aussi, jusqu'à présent, qu'il a été étudié avec le plus grand soin. On le distingue en dévonien inférieur ou grès et conglomérats de la Table, et dévonien supérieur ou schistes du Bokkeveld.

Les terrains dévoniens du Damaraland, Namaqualand et Transvaal n'ont pas encore été suffisamment décrits pour permettre d'établir leur correspondance nette avec ceux du Cap et de Natal; nous les décrirons plus loin, mais d'une manière plus sommaire.

Le dévonien inférieur de la colonie du Cap est formé de grès et de conglomérats sans fossiles. Il constitue la célèbre montagne de la Table, les plateaux bas de Natal et les deux ou trois premières chaînes de montagnes parallèles à la côte. Son épaisseur totale a été estimée à environ 1.200 mètres (Wyley).

A la montagne de la Table, les grès reposent directement sur le granite. Plus généralement cependant ils se reposent soit sur les schistes métamorphiques (Natal), soit sur les schistes cambriens (Cape Colony).

Les grès du dévonien inférieur forment les deux crêtes montagneuses qui bordent les vallées de l'Olifant's River. Ces deux chaînes, longues de 180 kilomètres, sont droites et presque exactement parallèles. Le fond de la vallée est formé par les schistes cambriens qui supportent les grès dévoniens et qui reparaissent ainsi (voir la coupe Pl. IV) par suite de l'effondrement et du ravinement de la selle des grès dévoniens. Ces deux chaînes se continuent au delà de Tulbagh vers l'est, pour constituer la longue chaîne des Lange-Berge qui s'allonge parallèlement à la côte sud sur une longueur d'environ 400 kilomètres.

Les grès de la Table forment aussi le massif plus court, mais plus ramifié du Drakenstein, qui s'avance vers l'Océan pour former le cap Hanglip. Les grès de la Table sont des grès gris quartzeux, conglomératiques à la base, passant dans leur partie inférieure à des grès argileux, rougeâtres, et parfois à de véritables schistes (Natal).

Au nord de la chaîne des Lange-Berge, une série de schistes argilacés, gris foncé et bruns, alternant avec de grossiers grès rouges, reposent sur les grès de la Table et forment, tout le long de l'affleurement des grès, une zone qui, très étroite dans le Bokkeveld, au nord, va en augmentant graduellement de largeur vers le sud.

Cette formation schisteuse, contrairement aux grès de la Table, abonde en fossiles (trilobites, crinoïdes, brachiopodes, etc.) que l'on a considérés, tant au Cap qu'en Angleterre, comme correspondant au dévonien d'Europe.

La puissance de ces schistes est estimée à environ 350 mètres (Wiley). Quoique postérieurs comme âge aux grès de la Table, ils forment cependant une contrée d'altitude moindre. Ces schistes dévoniens constituent vers le nord le chaud et le froid Bokkeveld, qui leur ont donné leur nom, vers le sud le Wagenbooms-Berg et une partie des vallées et plateaux compris entre la chaine dévonienne inférieure et le grand Karoo.

B. *Terrain carbonifère de la Colonie du Cap.* — Sur les schistes dévoniens supérieurs, reposent de puissants dépôts de schistes fossilifères et de grès, géologiquement plus élevés, mais généralement plus bas comme altitude. Ces formations constituent, vers l'intérieur de l'Afrique du Sud, la limite de la longue zone montagneuse dévonienne. Elles forment les plateaux qui bordent le grand Karoo et constituent le sol du petit Karoo lui-même. L'épaisseur totale de la formation est estimée à 450 mètres. Les schistes sont noirs et contournés, les grès sont blanc-jaunâtres, avec intercalation de quelques schistes jaunes et rouges.

On rencontre dans cette formation quelques bancs de calcaire magnésien près de Winterhoek et dans les Langeberge.

Les fossiles contenus dans cette formation sont semblables à ceux des schistes dévoniens supérieurs, les plantes sont assez abondantes et en particulier les *Lepidodendron*.

Les couches que nous venons de décrire ont généralement été considérées par les géologues de la colonie du Cap comme appartenant à la formation carbonifère. Elles

diffèrent peu cependant des roches de la formation dévonienne décrite précédemment, et certains géologues ont voulu considérer l'ensemble de toutes ces formations soit comme dévonien, soit comme carbonifère.

C. *Dévonien de Natal.* — A Natal, on ne rencontre que les grès du dévonien inférieur, reposant sur les schistes métamorphiques, le granite et le gneiss (coupe *fig.* 1, Pl. VII).Ces grès sont parfaitement horizontaux et forment une contrée de collines tabulaires. Ils sont souvent traversés, pénétrés, recouverts par des mélaphyres et des diorites qui ont passé à travers le granite et les roches métamorphiques. Nulle part, comme nous le verrons du reste par la suite pour l'immense formation du Karoo, le mélaphyre n'a relevé ni même plissé une couche de grès.

Les hauts plateaux de grès de Natal forment une zone tout le long de la mer; leur hauteur moyenne est de 500 à 600 mètres. Ils sont couvert d'une épaisse végétation herbacée, mais ne portent aucun arbuste, et rien ne vient rompre l'uniformité absolue de leur solitude.

Les rivières qui descendent des hautes cimes du Drakensberg se sont creusées, avant d'arriver à la mer, des vallées profondes et étroites à travers les couches de grès, et forment parfois des précipices de plusieurs milliers de pieds de hauteur.

Le grès de Natal est identique à celui du Cap (Griesbach). Le Sluten-Konga, le Krantskop, la table de Pietermaritzburg, l'Inandi, le Noodsberg, etc., sont des exemples parfaits des montagnes tabulaires, si caractéristiques et si spéciales, de l'Afrique du Sud. Ces tables sont souvent recouvertes par des nappes de mélaphyre et de diorite ; tel est le cas du Krantskop qui s'élève presque à pic près du Tugela-River jusqu'à une hauteur de 1.140 mètres.

La formation dévonienne de Natal commence dans la

Cafrerie indépendante, sur les bords de l'Umtenta-River, Elle couvre toute la contrée granitique comprise entre la mer et une ligne allant de l'Umtenta-River à la jonctiou du Tugela et du Buffalo, en passant un peu à l'est de Pietermaritzburg.

D. *Terrain dévonien du Transvaal et du Zululand.* — Le terrain dévonien forme au nord les plateaux bas du Zululand, la base de la partie septentrionale des monts Drakensberg; il constitue dans le Transvaal même une partie des montagnes et des groupes montagneux de cette contrée.

Au nord de l'Olifant's River, les grès inférieurs du dévonien forment les plateaux du Zout-Pans Berg.

L'ensemble montagneux constitué par les monts Hang-lip, les Water-Berge, les Witte-Berge, et la chaîne de Makapan, au sud-ouest de Maraba's Stadt, ont un caractère dévonien et carbonifère si nettement accentué, qu'une partie de la contrée a été baptisée du nom de *Devonshire*, et une autre du nom de *Nouvelle-Belgique*.

Les monts Magalies sont formés de grès et de schistes dévoniens, et nous retrouvons les calcaires, les grès et les schistes de cette formation au nord de Rustenburg reposant sur le granite.

Nous n'avons pu, jusqu'à présent, recueillir aucun renseignement de détail sur la série des roches dévoniennes et carbonifères du Transvaal. Ces formations acquièrent dans cette contrée un développement géographique important.

Les grès et les schistes de la grande formation triasique, assez semblables à ceux de la formation dévonienne que nous venons de décrire, se distinguent de ces derniers par l'absence absolue ou presque absolue de filons métallifères.

Ce caractère peut même, jusqu'à un certain point, ser-

vir de critérium pour distinguer les deux formations. Au Transvaal, la formation dévonienne repose presque sans exception directement sur le gneiss.

E. *Terrain dévonien et carbonifère du Namaqualand et du Damaraland.* — Au grand Namaqualand et au Damaraland, le dévonien forme une grande partie du sol, principalement daus la contrée qui borde le Kalahari à l'ouest. La formation dévonienne pousse même une pointe au sud de l'Orange River.

Elle est représentée dans ces contrées par de puissants dépôts de grès, de schistes et de calcaires.

Dans le Damaraland, le calcaire et les grès s'étendent vers le Kalahari recouvrant la formation granitique de la côte. Le calcaire domine surtout au nord de la rivière Omarara. Les grès flanquent le calcaire à l'est en courant presque parallèlement avec l'Omaramba-Ua-Matoko (Anderson).

Le calcaire de ces régions est carbonifère. Il forme des chaînes escarpées et parallèles. Ces chaînes sont sauvages, couvertes d'une végétation rabougrie et difficiles à franchir. Les grès forment des collines tabulaires avec des parois presque à pic. Sur les rives de l'Omonbondo le calcaire et les grès se rejoignent, mais à partir de ce point les grès disparaissent de tous côtés sous les calcaires qui les recouvrent à l'est et au sud.

Les formations dévoniennes et carbonifères sont, comme on vient de le voir, largement développées dans l'Afrique du Sud; elles en forment la zone montagneuse.

Le charbon a manqué jusqu'à présent complètement dans les couches carbonifères et dévoniennes. Mais ces formations sont, comme en Europe, surtout au Transvaal et au Damaraland, souvent les véritables gisements des filons métallifères.

§ 2. — Formations jurassique et tertiaire.

Les terrains jurassique et tertiaire n'ont qu'une importance très secondaire dans l'Afrique du Sud au point de vue qui nous occupe, et nous nous contenterons de les décrire en quelques lignes.

Le terrain jurassique (formation d'Uitenthage, couches de la rivière Sonday, conglomérat d'Enon), a été rencontré et étudié jusqu'ici surtout près de Grahamstown dans la vallée des rivières Sonday et Zwartkop. Cette formation, d'une épaisseur d'environ 200 mètres, s'avance assez loin dans l'intérieur des terres jusqu'au pied des chaînes du Winterhock et du Zuurberg, qui formaient à l'époque de son dépôt les côtes de la mer Jurassique.

Les couches jurassiques sont formées de grès gris généralement tendres et friables, quelquefois rougeâtres, passant au conglomérat avec quelques couches de cailloux roulés, ou de galets de grès quartzeux. Toutes ces couches plongent avec une inclinaison d'environ 8 à 9° vers le N.-E.

Stow, qui les a étudiées avec un grand soin, a pu déterminer à peu près les différentes zones fossilifères. L'abondance de fossiles est extrêmement grande dans certaines couches de grès, et tous les fossiles paraissent caractéristiques de la formation jurassique (Oolithe européenne).

A Natal, on a rencontré, en certains points de la côte, des couches parfaitement horizontales de grès fins et grossiers, bruns et tendres, contenant un grand nombre de fossiles. Ces couches reposent en discordance de stratification sur les couches triasiques et contiennent un grand nombre de fossiles des époques jurassiques et crétacées (Griesbach).

La formation jurassique s'étend probablement au Zu-

luland sur une partie de la côte, mais elle n'a été ni étudiée, ni déterminée jusqu'à présent.

Les formations tertiaires ont très peu d'importance dans l'Afrique du Sud, car nous ne considérons pas comme telles les tufs calcaires qui sont si abondants à la surface du grand désert central et dont nous nous occuperons par la suite. On a trouvé cependant aux environs de la rivière Sonday, et recouvrant les formations jurassiques, des couches très fossilifères (calcaire tufacé, marnes et conglomérats de galets de grès quartzeux, avec bancs de coquilles, ossements et bois fossiles), que Stow considère comme pliocènes ou post-pliocènes. Ces couches atteignent une épaisseur de 40 à 60 mètres. On les rencontre non seulement le long de la côte, formant un ancien rivage marin relevé, comme dans la partie sud de l'embouchure de la rivière Zwarttrop, mais aussi s'étendant assez loin dans l'intérieur des terres.

CHAPITRE III.

FORMATION LACUSTRE TRIASIQUE DES KAROOS.

Les dépôts lacustres de la troisième catégorie ne comprennent qu'une seule formation, celle du Karoo ou des Karoos (*).

§ 1. — **Bassin des Karoos.**

A. *Limites du bassin triasique des Karoos.* — L'immense et puissante formation horizontale des Karoos est certainement la formation sédimentaire la plus caractéristique et la plus intéressante de l'Afrique du Sud. Elle

(*) On désigne, dans l'Afrique du Sud, sous le nom de *karoos*, les déserts triasiques généralement plats, sans eau et sans végétation, que l'on rencontre dans l'intérieur de ce continent.

remplit actuellement un vaste bassin (voir la carte *fig.* 1, Pl. V, et les coupes géologiques Pl. VI et *fig.* 1, Pl. VII) entouré de tous côtés par des terrains ou des montagnes de roches plus anciennes, et ne communiquant actuellement avec la mer que par la portion de côte comprise entre les embouchures du Great-fish-river au sud, et de l'Umtento au nord, sur l'Océan Indien. Le grand bassin du Karoo est bordé au N. E. par le grand plateau gneissique du Bushman-Land, par les quartzites du Kaap-Plateau et du Betschuana Land; au nord, par les montagnes dévoniennes. et les hauts plateaux du Transvaal (Magalies Berge, Zuikerbosh Range; monts de Prétoria et de Leydenburg); à l'ouest, par les formations dévoniennes et gneissiques du Zululand et de Natal; au sud, par la longue terrasse carbonifère du Winter Hoek, du Zwarte Berge, du Witte Berge; à l'est, par la terrasse carbonifère du Bokkeveld.

B. *Plateaux du bassin des Karoos.*— Le bassin des Karoos a une forme sensiblement régulière; sa longueur, depuis les terrasses du Bokkeveld jusqu'au Transvaal, est d'environ 1.250 kilomètres; sa largeur, sensiblement constante, est d'environ 450 kilomètres, et sa superficie est d'environ 500.000 kilomètres carrés.

Le bassin des Karoos peut se diviser actuellement en plateaux et chaînes montagneuses.

Le Karoo proprement dit, qui a donné son nom à la formation, est l'ancien *grand désert* des premiers colons du Cap. Sa hauteur moyenne est de 600 à 900 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il commence aux terrasses carbonifères du Zwarte Berge, pour se terminer à Beaufort West, 870 mètres. Il est bordé à l'ouest par la longue et puissante chaîne des monts de Koms et de Nieuveld, d'une hauteur moyenne de 1.500 mètres (voir la coupe Pl. VI).

Le second plateau des Karoos est situé au nord des monts de Nieuveld et de Koms; il s'étend jusqu'au plateau gneissique du Bushmanland. Sa hauteur moyenne est sensiblement comprise entre 900 et 1.000 mètres (Calvinia, 960 mètres; Brand Vley, 915 mètres; Klam Valley, 930 mètres). Il est pour ainsi dire divisé en deux par la chaîne des Karéé, formée de montagnes tabulaires isolées, mais groupées ensemble.

Le grand plateau, presque horizontal dans son ensemble, qui succède au N. E. aux deux plateaux précédents, est d'une hauteur de 1.200 à 1.400 mètres. Il comprend les districts de Richmond, Colesberg, Hope-Town, Aliwal North au sud du fleuve Orange, les champs de diamants du Griqualand West, les immenses plaines presque mathématiquement horizontales de la république d'Orange, et le haut plateau de Midelburg au Transvaal, situé au nord de la rivière Vaal.

Nous donnons ici les hauteurs des principaux points du grand plateau central :

Richmond	1.447m	Bultfontein	1.240m
Murray's burg	1.223	Jonction du Sand et du Vet River	1.215
Philip's town	1.384	Leo Pan	1.215
Colesberg	1.200	Kopye Alleen	1.295
Aliwal North	1.215	Rhenoster River	1.320
Victoria West	1.290	Helbron	1.360
Midelburg	1.200	Vaal River	1.300
Kimberley	1.200	Plateau de Midelburg (Transwaal)	1.300 à 1.400
Harvey ferme	1.300		
Boshof	1.240		

Au S.-E., dans la colonie du Cap, un quatrième petit plateau est compris entre le Stormberg, le Zuurberg, le Schnee Berg et le Winterberg; il a une hauteur moyenne de 900 à 1.200 mètres :

Plaine de Midelburg	1.200m
Cradoc	909
Queen's town	1.005

C. *Aspect général des déserts des Karoos.* — Les quatre plateaux que nous venons de déterminer se présentent tous au voyageur sous l'aspect d'immenses déserts généralement sableux, stériles, et sans eau, d'une monotonie et d'une aridité désespérantes. La végétation, quand elle existe, n'est formée que de graminées ou de *Bush*, arbuste rabougri de la famille des Mimosas, qui atteint bien rarement les dimensions d'un arbre. Presque partout, depuis le Karoo proprement dit jusqu'au Sand River, le sol est plus ou moins recouvert d'un sable rouge, souvent épais de quelques pieds, et que le vent soulève en épais tourbillons. Dans certaines plaines de la république d'Orange, le sable rouge fait place à un sable siliceux jaunâtre, d'une très grande épaisseur. Ces sables cachent presque partout le sous-sol géologique, qui ne se révèle qu'accidentellement en quelques rares points (berges des rivières).

Tous ces plateaux portent çà et là des collines tabulaires, d'une hauteur variant de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. Ces collines sont formées par des épanchements de roches éruptives (diorites) ou par des couches horizontales de grès ou de schistes du Karoo, recouvertes elles-mêmes par des épanchements de roches éruptives. Les éruptions de diorites sont si nombreuses sur les grands plateaux du bassin du Karoo, elles s'étendent sur une si grande partie de la surface du sol, que les premiers voyageurs qui ont traversé ces contrées ont cru à un immense épanchement éruptif, analogue à celui du Dekkan, dans l'Inde. C'est généralement du pied des collines que suintent les misérables sources qui permettaient autrefois aux Bushmen errant dans ces vastes et mornes solitudes de ne pas mourir de soif pendant les époques de sécheresse. Ce sont ces sources qui permettent encore aujourd'hui au Boër, véritable pasteur du désert, de vivre isolé dans sa ferme, avec ses nombreux troupeaux.

Tous ces grands plateaux ne sont traversés que par deux rivières d'une certaine importance, le fleuve Orange et la rivière Vaal. Les affluents de ces rivières, le Moder River, le Sand River, le Vet River, le Rhenoster River, sauf à l'époque des pluies torrentielles, sont toujours presque à sec.

Toutes les rivières des plateaux de l'Afrique du Sud n'ont pas, à proprement parler, de vallées ; elles coulent dans un lit profond de quelques mètres ou de quelques dizaines de mètres, dont rien ne signale l'approche, si ce n'est parfois quelques bouquets d'arbres.

Les eaux que ces rivières conduisent à la mer proviennent toutes, soit des hautes montagnes du Drakensberg, soit des infiltrations du sol. Les eaux, qui tombent parfois en véritables cataractes pendant la saison chaude et orageuse des mois de janvier, février et mars, recouvrent le sol plat et souvent à peine déprimé des plateaux; elles disparaissent rapidement, car elles sont vite bues et absorbées par les sables et les grès du sous-sol, qui forment de véritables filtres.

En certains points cependant, dans des dépressions particulières du sol que les Boërs ont baptisées du nom de *Pans* (poêles à frire), l'excédant des eaux se réunit et forme de petits lacs salés, dont la profondeur dépasse rarement quelques mètres. Ces *pans*, de plus en plus fréquents dans la contrée à mesure que l'on se rapproche de Kimberley, affectent tous une forme sensiblement circulaire ; la pente qui y conduit, la même dans tous les sens, est très faible, et le fond en est formé, soit de tuf calcaire, soit de boue argileuse. Le diamètre de ces *pans* varie depuis quelques dizaines de mètres jusqu'à plusieurs milles.

Même pendant l'époque des pluies, l'on ne peut s'aventurer encore aujourd'hui dans la plus grande partie des plateaux sans emporter de l'eau, et souvent les animaux,

fatigués d'une longue et pénible marche dans les sables meubles et profonds, sont obligés de passer la nuit sans boire.

Là où les sources manquent, quelques Boërs ont tâché d'y suppléer en créant, au moyen de barrages en terre, de petits *pans* ou réservoirs artificiels. Les eaux ainsi recueillies ne sont pas salées; mais c'est tout au plus si elles peuvent servir à l'alimentation des bestiaux.

Nulle contrée dans le monde n'est certes plus aride, plus triste, plus dénudée, que les grands déserts de l'Afrique du Sud : on y rencontre cependant quelques véritables oasis. Là où des sources d'un débit suffisant filtrent dans les sables, la fertilité est merveilleuse, et nous nous rappelons certains jardins et vergers de la république d'Orange, qui n'ont pas leur égal en Europe. Ces oasis, habitées d'abord par un fermier, deviennent souvent peu à peu le centre d'une agglomération de maisons, puis d'un village, puis d'une petite ville. C'est ainsi, sauf de rares exceptions, que se sont créés les villages et les petites villes, encore assez nombreux, des grands déserts sud-africains.

D. *Montagnes de la formation triasique des Karoos.* — Outre les plateaux dont nous venons de parler, le grand bassin du Karoo renferme de puissantes chaînes de montagnes, les plus importantes et les plus élevées de l'Afrique du Sud, gigantesques témoins des formations supérieures du Karoo qui ont disparu partout ailleurs par suite des érosions.

La principale de ces chaînes de montagnes est le Drakensberg, qui sépare les grands plateaux des côtes de l'Océan Indien. Cette immense masse montagneuse (voir la coupe *fig.* 1, Pl. VII) commence au nord à la rivière Komati et vient finir au sud du Basutoland. Ses sommets les plus élevés (Mont aux Sources, Champagne Castle,

Giant's Kopye) atteignent ou dépassent 3.000 mètres. Le Drakensberg se continue au S. O. par le Stormberg et le Zuurberg, d'une hauteur de 1.500 à 1.800 mètres. Plus au sud, le Winterberg et le Schneéberg atteignent, au grand Winterberg et au Compass Berg, les hauteurs de 2.340 et 2.550 mètres.

Ces chaînes se prolongent vers l'ouest par les montagnes de Nieuveld et de Koms, d'une hauteur moyenne de 1.500 mètres, mais dont les sommets les plus élevés (monts de Beaufort et de Kom) atteignent 2.190 et 1.590 mètres.

La chaîne de Koms va se terminer au nord au massif montagneux de Calvinia, dont le plus haut sommet, le grand Doorn-Berg, atteint 1.500 mètres.

Toutes ces montagnes, formées de grès tendres et friables, sont d'ordinaire très escarpées; la végétation sur le versant occidental est très rare; les montagnes présentent généralement le même aspect de désolation que les plateaux qui les supportent.

§ 2. — Constitution géologique des Karoos.

La formation des Karoos peut se diviser en trois étages principaux :

1° Étage inférieur, comprenant la couche dite à Boulders (brèche mélaphyrique) et les schistes d'Ecca, d'une épaisseur moyenne de 400 à 600 mètres;

2° Étage moyen, comprenant les schistes et les grès des plateaux (Karoos, Kimberley). Épaisseur moyenne : 550 mètres;

3° Étage supérieur, comprenant les grès et les schistes supérieurs avec houille du Stormberg, Drakensberg, etc. Épaisseur : au moins 1.500 mètres.

A. *Étage inférieur des Karoos.* — Les couches de l'é-

tage inférieur, couche à boulders (*Boulder-Bed*), schistes d'Ecca, forment la limite, dans la colonie du Cap et à Natal, entre les formations marines et lacustres. Ces couches se sont déposées les premières dans le grand bassin lacustre dont elles ont couvert le fond et dont elles ont comblé les dépressions les plus profondes. Elles affleurent au sud en formant une ceinture de faible largeur, reposant en stratification discordante sur les roches carbonifères du Bokkeveld, du Witte-Berge, du Zwarte-Berge et du Winterhock, jusqu'à l'Océan Indien, près du Great-Fisch-River. A l'est, on les retrouve à Natal, reposant directement sur le granite.

A l'ouest et au nord, cette formation n'est plus visible ; si elle existe, elle est recouverte par les étages moyen et supérieur du Karoo, qui reposent directement sur les rivages anciens (plateau de Bushmanland, Kaap-plateau, Magalies-Berge) (voir les coupes Pl. VI, *fig.* 2 et 3, Pl. VII, et la carte géologique *fig.* 1, Pl. V).

La première couche (*Boulder-Bed*) est une des formations qui ont jusqu'à présent le plus intrigué les géologues de la colonie du Cap. Elle a été considérée par les uns comme un conglomérat trappéen (Bain), par d'autres (Atherstone) comme un porphyre argileux, par d'autres encore comme un amas de cendres trappéennes (Wyley), et par Griesbach, enfin, comme une couche à blocs arrondis (*Boulder-Bed*).

Les descriptions qui en ont été données varient beaucoup, soit que cette couche varie elle-même en composition, soit que les différents géologues qui l'aient décrite aient été influencés dans leur description par la manière même dont il la considéraient, soit aussi qu'on ait pu la confondre avec des nappes de mélaphyre.

Cette formation constitue toujours la base des terrains lacustres. Elle plonge légèrement vers le centre du bassin (Stow). D'après Griesbach, qui l'a décrite avec

soin, elle est formée, à Natal, par une roche argileuse noirâtre ou rougeâtre empâtant de nombreux fragments de roches anciennes (granite, gneiss, schiste), et aussi fréquemment de mélaphyre. Ces blocs atteignent souvent de très grandes proportions; la pâte même de la roche est gréseuse et tendre, ou argileuse et schisteuse, et contient des particules de mica. Cette couche supporte toujours les schistes d'Ecca, auxquels elle passe graduellement.

Les fragments de roche semblent avoir été formés sur place, ou au moins avoir très peu voyagé, car beaucoup d'entre eux ont conservé leur forme angulaire. Ils paraissent plutôt avoir subi une décomposition qu'un roulement.

Griesbach a vu la même formation dans la colonie du Cap, passant aux schistes du Karoo. Il est absolument certain que Bain et plusieurs géologues africains ont confondu la couche à boulders, en plusieurs localités, avec une roche mélaphyrique éruptive. Il existe, en effet, un mélaphyre basaltique formant des nappes considérables dans la partie inférieure du Karoo, comme on peut le voir près de Platte-Fontein; mais ce mélaphyre ne correspond pas à la brèche si étendue que l'on peut étudier surtout près de Pataties-River, à la base des schistes. A première vue, le mélaphyre et la brèche ont, il est vrai, beaucoup de ressemblance.

Les amoncellements de fragments de roche comme ceux de la brèche que nous décrivons constituent un des traits caractéristiques des paysages sud-africains. Nous avons été à même d'en voir et d'en étudier personnellement beaucoup; l'explication que nous en donnons plus loin correspond jusqu'à un certain point à la description de Griesbach.

L'affleurement de la brèche mélaphyrique forme une immense ligne courbe depuis l'Océan Indien jusqu'au désert du Bushmanland, et est partout reconnaissable au dyke d'une couleur pourpre foncée qu'il forme au-des-

sus du sol. A Natal (coupe *fig.* 1, Pl. VII), on la rencontre de chaque côté des granites et des grès dévoniens, plongeant d'une part sous les couches du Karoo et de l'autre dans la mer. L'épaisseur de cette couche varie de 150 à 200 mètres.

Les schistes d'Ecca ou de Pietermaritzburg reposent directement sur la brèche mélaphyrique, à laquelle ils passent par une transition presque insensible (Griesbach). Ils comprennent des schistes noirs, bleus et gris contenant de l'oxyde de fer en quantité. On y rencontre quelques rares bancs de grès. Les impressions des plantes terrestres y sont abondantes (Conifères?). L'épaisseur de cette formation dépasse rarement 300 mètres.

Ces schistes ne sont pas absolument horizontaux : ils plongent souvent vers le centre du bassin avec une légère inclinaison de quelques degrés.

B. *Étage moyen du Karoo.* — L'étage moyen du Karoo comprend des schistes noirs, bleus ou brun foncé, des bancs de grès argilo-calcaires, des argiles bariolées, des schistes gréseux de couleur généralement claire, des schistes noirs ou bruns, des schistes gréseux de couleur grise ou verdâtre, et des grès argilo-calcaires. La formation de l'étage moyen constitue la surface presque entière des plateaux que nous avons précédemment décrits, et la base de toutes les montagnes du bassin des Karoos. On la rencontre formant partout la surface du sol, quand celui-ci est compris entre les niveaux d'environ 650 et 1.300 mètres.

Cet étage moyen est le véritable étage à fossiles; on y trouve des plantes, des dents de poissons et des ossements de reptiles (*Dicynodon*). L'ensemble des couches de cette formation est absolument horizontal; seulement, près des bords du bassin, les couches plongent souvent de quelques degrés (5 à 6°) vers le centre.

Cet étage a été recoupé par des éruptions innombrables de diorites et de mélaphyres qui n'ont *jamais modifié l'horizontalité des couches.*

Les actions de dénudation qui ont agi avec une intensité formidable dans l'Afrique du Sud ont laissé sur les plateaux de nombreux témoins, généralement isolés, formés d'un empilement horizontal de couches de schiste ou de grès schisteux. Çà et là sont intercalées des couches de grès durs ou des nappes de mélaphyres et des épanchements de diorite qui forment ressaut le long des flancs presque à pic des collines. Quand le sommet de ces collines est formé d'une couche de grès dur ou d'une nappe de roches éruptives, il est sensiblement horizontal, ou du moins paraît tel de loin; quand, au contraire, les parties supérieures sont formées de grès tendre ou de schiste, elles sont terminées en pointes et forment des pics. L'on aperçoit souvent au loin des bancs de grès durs, horizontaux, faisant saillie sur les flancs d'une série de collines.

C. *Étage supérieur du Karoo.* — Cet étage comprend des grès quartzeux intercalés dans des schistes bruns, souvent micacés, ou dans des grès schisteux d'une horizontalité généralement frappante (Natal, république d'Orange, Transvaal). Les couches de cet étage s'élèvent jusqu'au sommet des monts Drakensberg; elles constituent partout les parties supérieures des hautes montagnes du bassin du Karoo (Stormberg, Drakensberg, monts de Nieuveld et de Koms). Elles forment aussi les plateaux élevés de la république d'Orange et du Transwaal.

Ces couches contiennent une grande abondance de plantes terrestres fossiles, des couches à forêts (troncs d'arbres souvent d'une grande dimension), mais peu de restes de reptiles. Elles sont surtout caractérisées par la présence de plusieurs couches de houille, toutes reconnues jusqu'à présent dans la partie inférieure de l'étage.

Ces couches de houille atteignent souvent une épaisseur de 10 à 16 pieds (Transwaal, Natal) et elles affleurent partout en formant un immense bassin houiller parfaitement défini (voir la carte *fig.* 1, Pl. V, et les coupes Pl. VI et *fig.* 1, Pl. VII).

Cet étage contient un assez grand nombre de nappes de mélaphyre intercalées, d'une immense étendue et d'une grande épaisseur.

§ 3. — Horizontalité des couches de la formation du Karoo.

Sauf des ondulations de détail qui, naturellement, échappent à l'observation sur une aussi grande surface, sauf aussi le relèvement des couches sur les bords du bassin, on peut affirmer l'horizontalité continue et absolue de l'ensemble des formations du Karoo.

Les coupes et les études de détail ne sont malheureusement pas assez nombreuses pour pouvoir démontrer d'une façon directe cette horizontalité, mais nous la démontrerons d'une façon générale en comparant les niveaux d'affleurement de la houille sur toute la surface du bassin.

A. *Bassin houiller du Karoo.* — La houille affleure dans le bassin du Karoo, soit en montagnes, soit en plateaux, partout où le niveau de 1.300 à 1.400 mètres est atteint.

On a constaté, à notre connaissance, l'existence de la houille jusqu'à présent en deux points des monts de Nieuveld ; en un point des monts de Koms ; en plusieurs points du Stormberg ; en plusieurs points de la Cafrerie indépendante ; en plusieurs points à Natal ; en un point près de Winburg, à l'ouest de la chaine de Drakensberg ; en plusieurs points du Vaal River, à la frontière nord du

Transvaal et de la république d'Orange; en plusieurs points du plateau de Mildelburg, au Transvaal; et en plusieurs points enfin de chaque côté du prolongement des monts Drakensberg, au Transvaal.

Plateau houiller du Transvaal.

Affleurements	n° 1	environ	1.410^m
—	n° 2	—	1.475
—	n° 3	—	1.398
—	n° 4	—	1.459
Charbons du Vaal-River	n° 5	—	1.330
Charbon de la base du Drakensberg (Transvaal)	n° 6	—	1.730
— —	n° 7	—	1.630
— —	n° 8	—	1.615
— —	n° 9	—	?
— —	n° 10	—	?
— —	n° 11	—	?
Charbon de Wynburg (République d'Orange)	n° 12	—	1.400
Charbon du Stormberg	n° 13	—	1.400 à 1.500
Charbon du Mt de Beaufort	n° 14	—	1.400 à 1.500
Charbon de Nieuveld	n° 15	—	1.400 à 1.500
Charbon de Koms	n° 16	—	1.400 à 1.500
Charbons de Natal: New-Castle	n° 17	—	1.178
— Fort-Lucas	n° 18	—	1.140
— Quagga-Kraal	n° 19	—	1.100 à 1.200
— Moppel-Kop	n° 20	—	1.100 à 1.200
— Pietermaritzburg	n° 21	—	1.100 à 1.200

De la liste d'affleurements que nous venons de donner il résulte ce fait, que toutes les couches de houille du grand bassin houiller de l'Afrique du Sud affleurent à des niveaux variant entre 1.150 et 1.700 mètres environ. En admettant que tous ces affleurements correspondent à une seule et unique couche de houille, on voit que, même dans ce cas, la dénivellation ne dépasse pas encore 600 mètres pour 1.200 kilomètres; par conséquent, que la formation dans son ensemble est parfaitement horizontale, puisqu'une pente constante de 1° dans un sens ou dans l'autre ne donnerait pas une dénivellation moindre de 2.000 mètres.

Si nous tenons compte en outre que, d'après les niveaux que nous citons, il est possible, même probable, qu'il existe trois niveaux de houilles correspondant à trois

couches, niveau de 1.100 à 1.200 mètres de Natal, niveau de 1.350 à 1.550 mètres du Transvaal et du Stormberg, niveau de 1.600 à 1.700 mètres du Transvaal, nous remarquerons dans ce cas que les houilles du Stormberg et celles du Transvaal, situées à une distance d'environ 1.000 kilomètres, ont pour ainsi dire presque mathématiquement le même niveau.

Nous n'avons certes pas la prétention de conclure que la formation d'ensemble des Karoos est mathématiquement horizontale; mais nous avons tenu à démontrer que, pratiquement, cette formation immense peut être considérée comme telle. Dans un pays européen, la démonstration aurait pu être bien autrement facile et correcte; mais dans un pays comme l'Afrique du Sud, nous avons dû nous servir des seuls éléments qui étaient à notre disposition.

§ 4. — Observations de détail sur une partie des étages du Karoo.

Les travaux de la mine de Kimberley, qui nous ont permis de reconnaître sur une assez grande épaisseur les terrains horizontaux sous-jacents, l'étude que nous avons faite de la contrée avoisinant les champs de diamants, un voyage de vingt-huit jours à travers la république d'Orange jusqu'à la frontière sud du Transvaal, pendant lequel nous avons multiplié les observations autant que les sables et les coulées de diorites ont pu nous le permettre, nous donnent la possibilité de faire une coupe détaillée d'une partie de l'étage moyen et de l'étage supérieur de la formation du Karoo. Cette coupe correspond aux roches sédimentaires, dont nous avons donné une collection à l'École nationale des mines.

Pour la république d'Orange, nous ne pouvons malheureusement, par suite de l'absence absolue de collines ou

de montagnes sédimentaires dans ce pays, donner aucune coupe directe, et nous avons dû grouper, en admettant l'horizontalité absolue des couches, les trop rares observations que nous avons pu faire. Nous croyons cependant que dans leur ensemble ces couches se raccordent parfaitement, le baromètre ayant à peine varié pendant toute la durée de notre voyage, et l'horizontalité, nous pourrions dire absolue des couches, nous ayant été démontrée par le fait de la rencontre d'un banc de grès caractéristique au fond de plusieurs rivières au même niveau.

A. *Formations de Kimberley et de la république d'Orange.* — En allant de bas en haut, on rencontre à Kimberley :

1° Une base granitique et gneissique, dont l'existence a été démontrée par les boulets et fragments de granite apportés au jour par les roches diamantifères (Doyl's Kopye, Kimberley, etc.). Cette base granitique, prolongement des granites et des gneiss du Bushmanland, peut passer sous Kimberley, à un niveau probable de 800 mètres au-dessus de la mer (voir les coupes *fig.* 2, Pl. VII, et *fig.* 1, Pl. VIII). (Échantillons nos 182 à 191 de la collection).

2° Des schistes métamorphiques (fragments de chloritoschistes, talc-schistes), apportés par des roches diamantifères (échantillon n° 188).

3° Des quartzites, rapportés par les roches diamantifères (échantillon n° 199).

4° Un ensemble de couches d'argiles grises, verdâtres et bariolées, de grès tendres argilo-calcaires, et de schistes gréseux gris et jaune clair, et de schistes noirs d'une grande puissance, appartenant à la formation du Karoo (nombreux fragments de roches de toutes dimensions, remontés par les roches diamantifères). (Échantillons nos 202 à 213).

5° Une couche de mélaphyre amygdaloïde, reconnue sur plus de 70 mètres d'épaisseur (échantillons nos 31 à 40).

6° Une formation de schistes noirs, analogues à nos schistes houillers européens, avec intercalation de schistes gréseux noirs (psammite), de minces couches de carbonate de chaux, de bancs argileux noirs avec nodules de carbonate de chaux et pyrite, et de minces filets de charbon (*Reef* de la mine de Kimberley). (Échantillons nos 230 à 241).

Cette formation a une épaisseur totale de 69 mètres; elle peut passer parfois à des schistes bleuâtres (De Beers).

7° Des schistes gris, puis blancs, puis jaunâtres, très tendres; puis des schistes gris verdâtres, beaucoup plus durs (Kimberley). Épaisseur 12 à 15 mètres. (Échantillons nos 242 à 252).

Cette formation, qui forme la surface du sol à Kimberley, se poursuit dans la république d'Orange, où on la rencontre sur une grande surface, jusqu'à Leo-Pan (44 heures de Kimberley, en voiture). Elle comprend des schistes gris et des grès argilo-calcaires, analogues à ceux du sol de Kimberley (échantillons nos 252 à 256).

L'épaisseur de cette deuxième partie de la formation des schistes gris-verdâtres est d'environ 70 mètres, soit en tout 82 mètres pour la formation entière.

8° Une formation de véritables grès houillers, grès quartzeux durs à grains plus ou moins fins, bruns-rougeâtres, formant une série de couches de quelques mètres d'épaisseur, séparées par des couches de schistes épaisses de 10 mètres environ, formées de schistes très micacés, ou plutôt de boues micacées brun-rougeâtres, contenant d'énormes nodules de carbonate de fer.

Cette formation a une épaisseur d'environ 60 mètres (échantillons nos 256 à 262).

9° Un ensemble de veines de houille maigre à longue

flamme et de schistes intercalaires noires. Épaisseur 6 à 8 mètres (échantillons nos 261 et 268 à 270).

10° Une formation de grès et de conglomérats, comprenant des grès blancs tendres à grain fin, avec nombreuses impressions de plantes fossiles (*) et un conglomérat houiller, formé de fragments de quartz et de jaspes bleus-noirâtres, puis des grès quartzeux.

Cette formation n'a été reconnue par nous que sur 50 mètres environ d'épaisseur (échantillons nos 262 à 268).

C'est avec les grès quartzeux que commence pour nous l'étage supérieur du Karoo. Nulle part, à notre connaissance, on n'a encore rencontré ces grès d'une façon nette dans l'étage moyen et inférieur.

Nous avons ainsi une épaisseur totale, reconnue en détail, de 326 mètres.

§ 5. — Age de la formation du Karoo.

Les schistes noirs de Kimberley ainsi que les schistes blancs qui les recouvrent contiennent de nombreux débris de végétaux (Conifères?). Malheureusement, les schistes qui contiennent ces fossiles sont toujours très friables et ne peuvent se conserver. Les échantillons que nous avons

---

(*) M. R. Zeiller a bien voulu, sur ma demande, examiner avec M. B. Renault deux empreintes provenant des grès fins supérieurs à la couche de charbon et remises par moi au Muséum.

Ces messieurs ont reconnu l'une des empreintes pour une feuille de grande taille de *Nœggerathiopsis Hislopi* Feistm., l'autre pour une fronde de *Gangamopteris cyclopteroïdes*, var. *attenuata* Feistm.

Le première de ces deux espèces se trouve, d'après les renseignements qu'a bien voulu me donner M. Zeiller, dans tout le groupe des *Lower Gondwanas* de l'Inde, qui correspond au trias, mais l'autre n'y a été encore rencontrée que dans les couches les plus basses, dans l'étage de Talchir et de Karharbari.

fait venir du Cap, avec notre collection de roches, sont arrivés réduits en poussière. En dehors de ces débris, nous n'avons eu connaissance, pendant notre séjour à Kimberley, que de la découverte importante de deux fragments de plantes fossiles. Nous croyons que ces deux spécimens ont été envoyés à Londres, au British Museum ou à la Société géologique de Londres.

On trouve dans la formation du Karoo des coquilles d'eau douce et surtout des ossements de reptiles appartenant au genre *Dicynodon*, caractéristique de l'Afrique du Sud, retrouvé depuis dans les *Lower Gondwánas* de l'Inde.

On y a rencontré aussi de nombreuses empreintes de plantes terrestres, *Glossopteris*, *Rubidgea*, *Phyllotheca*, qui concordent également avec celles du trias de l'Inde. Nous y avons nous-même recueilli, comme nous l'avons dit plus haut, deux espèces identiques à celles des *Lower Gondwánas*. D'après une communication de M. Grey, on aurait, par une anomalie des plus étranges, trouvé en outre, dans la formation du Karoo, dans le groupe du Stormberg, des plantes identiques à celles du terrain houiller d'Europe, et même de l'étage houiller moyen (*Alethopteris*, *Asterophyllites*, *Calamites*, *Lepidodendron*); mais il faut probablement admettre que, comme l'a supposé M. Rupert Jones, ces empreintes ont été recueillies dans la formation carbonifère proprement dite, en un point où elle serait recouverte directement par les couches de Karoo, et non pas dans ces couches elles-mêmes.

Les couches de la formation du Karoo reposent d'ailleurs en stratification discordante sur le carbonifère du Cap, qui contient certainement les genres *Calamites*, *Lepidodendron*, et la plupart des géologues s'accordent à classer cette formation dans le trias.

La présence des coquilles d'eau douce, les nombreux

débris de plantes terrestres et surtout les couches à troncs d'arbres (zone forestière), la continuité absolue des dépôts de l'immense formation du Karoo, l'existence de nombreux squelettes de reptiles, démontrent d'une façon absolue que les couches de cette formation ont dû se déposer dans un immense bassin lacustre d'eau douce ou tout au plus saumâtre.

CHAPITRE IV.

ROCHES ÉRUPTIVES.

Les roches éruptives rencontrées jusqu'à présent dans l'Afrique du Sud peuvent, en les rangeant par rang d'ancienneté, rentrer dans les cinq divisions générales suivantes :

1° Roches granitiques;
2° Roches mélaphyriques;
3° Roches dioritiques;
4° Roches diamantifères serpentineuses;
5° Porphyres ou tufs porphyriques.

§ 1. — Granites et roches granitiques.

En dehors des granites et des gneiss que nous avons déjà décrits comme roche primitive formant la base de l'Afrique du Sud, il existe certainement d'autres roches granitiques éruptives dans cette contrée (granites, granulites, syénites, etc.). Ces granites forment de nombreux dykes et filons traversant les gneiss du Namaqualand. Les granites du Matebele et les roches siluriennes du Transvaal sont parfois absolument semblables au granite primitif, et se confondent entièrement avec lui.

§ 2. — Roches mélaphyriques.

Les mélaphyres ont une grande importance dans l'Afrique du Sud: ils forment généralement des épanchements s'étendant sur de grandes surfaces, ou des nappes intercalées entre les couches des formations sédimentaires; leur épaisseur peut atteindre, en certains points, jusqu'à 150 mètres et plus. Les nappes de mélaphyre forment souvent le chapeau des montagnes ou des collines isolées, dévoniennes et triasiques. Beaucoup des monts tabulaires, si célèbres et si caractéristiques, de l'Afrique du Sud ne doivent leur forme actuelle et leur aspect particulier qu'à la nappe de mélaphyre qui les a protégés contre l'action destructive des agents atmosphériques.

Les mélaphyres de l'Afrique du Sud présentent deux variétés :

1° Des mélaphyres à fragments de roches anciennes empâtées, à apparence tachetée (Griesbach);

2° Des mélaphyres amygdaloïdes.

A. *Mélaphyres à fragments de roches anciennes.*—Les mélaphyres de la première variété paraissent avoir été contemporains de la première période de la formation du Karoo. A Natal, on ne les rencontre qu'exceptionnellement, intercalés dans les schistes inférieurs du Karoo et dans les premiers grès qui leur succèdent; mais ils forment une série de monts tabulaires s'étendant depuis la chaîne d'Ingeli, dans la Cafrerie, jusqu'à la rivière Tugela. Ils passent ainsi par Richemont, York et Greytown, en recouvrant les grès dévoniens.

Nous croyons que la brèche de la base du Karoo peut être rattachée à ces éruptions de mélaphyre, comme nous essayerons de le démontrer plus loin.

Nous ignorons si les nombreuses nappes de mélaphyre

qui se rencontrent dans les formations montagneuses triasiques du S.-E. du bassin (Stormberg, etc.), appartiennent à la première ou à la seconde variété de mélaphyre : nous croyons cependant qu'elles appartiennent plutôt à la première variété.

B. *Mélaphyre amygdaloïde.* — Les mélaphyres amygdaloïdes se rencontrent à Natal, formant d'immenses nappes intercalées dans les formations moyennes et supérieures du Karoo. Ce sont eux qui, généralement, constituent les sommets principaux de la chaîne du Drakensberg et les pics les plus élevés de Natal (coupe *fig.* 1, Pl. VII).

On les rencontre aussi dans la Cafrerie indépendante. Nous croyons qu'ils recouvrent rarement les formations anciennes de la colonie du Cap.

Dans le Griqualand-West, nous avons constaté l'existence d'une immense nappe de mélaphyre, affleurant sur une surface considérable, un peu à l'ouest de Kimberley (coupe *fig.* 2, Pl. VII et carte *fig.* 2, Pl. V). Cette nappe recouvre presque entièrement la pointe formée entre le Hart River et le Vaal-River, jusqu'au delà de Bloemhof, au nord. Un peu avant Kimberley, elle disparaît sous la formation sédimentaire des schistes noirs; mais elle a été retrouvée dans l'approfondissement de la mine. Tout porte donc à croire qu'elle s'étend au loin, à l'est et au nord, sous les plateaux sédimentaires de la république d'Orange.

A Kimberley, la couche de mélaphyre, parfaitement horizontale, doit avoir probablement une épaisseur de 70 à 80 mètres environ. L'étude que nous avons faite à plusieurs reprises des affleurements de cette nappe de mélaphyre, et la coupe à grande échelle faite à l'époque de notre séjour à Kimberley, reproduite en petit sur la coupe *fig.* 2, Pl. VII, nous ont permis de constater qu'en

affleurement la plus grande épaisseur de la couche de mélaphyre est de 67 mètres, à peu près l'épaisseur supposée à Kimberley. Cette coupe nous a permis aussi de constater que la nappe de mélaphyre devait avoir un léger plongement vers le centre du bassin, conforme par conséquent à celui trouvé par le géologue Stow pour les couches de la formation sédimentaire où elle est intercalée. Cette nappe se relève ensuite légèrement avant d'arriver à la mine de Kimberley.

En affleurement, la couche de mélaphyre est traversée par la Vaal River, qui l'a recoupée sur plus de 60 mètres d'épaisseur; aussi sa surface est-elle absolument irrégulière, et paraît-elle former une série de collines et non un plan horizontal.

Le mélaphyre de Kimberley, comme nous avons pu le constater nous-même dans le fonçage du puits de la Compagnie française, et comme du reste on l'a constaté dans toute l'Afrique du Sud pour les nappes de même roche, est recouvert par les schistes noirs, sans qu'il y ait trace d'altération au contact.

La couche de schiste (échantillon n° 230) repose directement sur le mélaphyre, dont elle épouse absolument la forme un peu irrégulière sans trace d'induration.

Nature de la roche. — Le mélaphyre amygdaloïde du Vaal-River et de Kimberley est une roche éminemment compacte, très dure, et élastique sous le marteau. Sa cassure, généralement simple, est rarement conchoïdale ou irrégulière. Sa couleur est excessivement variable, et souvent la même roche paraît changer de nature, de composition et de couleur, quand on la compare à quelques mètres de distance. Le mélaphyre de Kimberley (Vaal-River) passe du gris cendré au gris bleu, du gris bleu au gris verdâtre, du vert au vert foncé, au vert noir, au brun, et même au rouge (échantillons nos 1 à 44). Jusqu'à présent, à Kimberley, la couleur gris-bleu a

dominé. En affleurement, le vert domine tout le long de la rivière.

Le mélaphyre, quand il est exposé à l'air, s'altère toujours à la surface; il prend une coloration passant du blanc jaunâtre au brun rougeâtre. C'est généralement cette dernière couleur qui domine et qui colore toute la masse des affleurements. Au fond du Vaal-River, où la roche est exposée à nu, le roc est généralement poli, durci, et comme enduit d'une couche brillante métallique, probablement formée d'oxyde de manganèse. Il est impossible de connaître la couleur d'un échantillon de mélaphyre sans y faire une cassure fraîche.

Dans le mélaphyre du Vaal-River, les amandes contenues dans la roche sont toujours de forme ovale ou arrondie; leur dimension varie depuis la grosseur d'un grain de millet jusqu'à celle du poing. La dispersion des amandes dans la pâte est absolument irrégulière; parfois la roche en est complètement privée sur une grande étendue; parfois, au contraire, elle en est absolument criblée. Parfois la roche devient absolument scoriacée; le remplissage, toujours incomplet dans ce cas, est formé par du quartz.

La composition des amandes peut être quartzeuse, calcaire ou chloriteuse. Le remplissage quartzeux peut être fait, soit par le quartz le plus blanc et le plus pur, soit par des calcédoines, soit par des agates plus ou moins transparentes, soit par des jaspes de toutes couleurs. Le remplissage calcaire est beaucoup plus rare que le remplissage quartzeux; le calcaire peut être blanc et amorphe ou cristallin, et de la plus belle apparence. Le remplissage chloriteux, parfois dominant dans la roche, est formé de nodules généralement petits et noirs, assez allongés, tendres; il se rencontre surtout à Kimberley et du côté de Waldeck's-Plan.

Les amandes de mélaphyre sont quelquefois entourées

d'une couche de pyrite cuivreuse, souvent décomposée. Nous n'avons jamais trouvé de remplissage entièrement métallique.

Le mélaphyre amygdaloïde de Natal et de la Cafrerie, contrairement au mélaphyre dont nous venons de parler, contient des amandes de forme tout à fait irrégulière. Le remplissage est formé de quartz cristallisé, d'agates, de calcédoines, de topazes; parfois aussi par une zéolithe calcaire finement grenue, disposée en zones concentriques.

Les agates de l'Orange-River (échantillon n° 277), si différentes de celles du Vaal-River (échantillon n° 276), proviennent de ces mélaphyres; elles ont été, suivant toute probabilité, roulées par les eaux qui descendent des sommets du Drakensberg.

Le mélaphyre de Kimberley s'est montré très fissuré, tant dans les travaux souterrains que dans la paroi mise dernièrement à découvert sur 200 pieds de largeur et 100 pieds de hauteur. La structure du mélaphyre est éminemment polyédrique. Dans ses affleurements du Vaal-River, sauf dans le lit de ce fleuve où la roche, fissurée, mais compacte, est exposée à nu, le mélaphyre se présente toujours comme formé d'un amas gigantesque de blocs rougeâtres aux arêtes légèrement émoussées, empâtés dans une argile ou un sable légèrement rougeâtre. Dans ces conditions, le mélaphyre ne paraît pas constituer une nappe éruptive, mais bien de gigantesques amas de boulders (roches roulées).

Cet aspect particulier des éruptions mélaphyriques et aussi des éruptions dioritiques, comme nous le verrons plus loin, dans l'Afrique du Sud, a fait commettre des erreurs importantes à beaucoup de voyageurs et même à des géologues, qui les ont pris pour de gigantesques moraines.

Le mélaphyre du Vaal-River se présente partout dans

les conditions que nous venons d'indiquer. Mais, si l'on vient à déblayer sur quelques mètres de profondeur, on retrouve toujours au-dessous la roche mélaphyrique compacte, comme cela peut se voir notamment dans le lit du Vaal-River et dans la tranchée qui a été faite pour la route de Kimberley à Barcley.

Sur le flanc des collines formant la vallée du Vaal, des blocs de mélaphyre ont roulé des parties supérieures et se sont accumulés en certains points sur 20 mètres d'épaisseur et plus (voir la coupe *fig.* 3, Pl. VII). Ce sont ces amas de rocs encore en place ou à peine dérangés de leur première position, aux arêtes à peine émoussées, que l'on a désignés sous le nom d'*alluvions du Vaal-River*. Dans l'intervalle compris entre ces blocs se trouvent empâtés, dans une argile rougeâtre provenant de la décomposition du mélaphyre, des fragments de jaspe et de bois silicifié, des diamants, et les minéraux qui accompagnent cette pierre précieuse. Le conglomérat, ou brèche mélaphyrique, couvre partout la surface du mélaphyre. Il a été travaillé à Pniel, à Waldecks-Plan, pour la recherche du diamant, sur une épaisseur dépassant souvent 15 mètres, et nous avons pu constater par nous-mêmes l'existence de la roche mélaphyrique compacte au-dessous, surtout à Waldecks-Plan, où une partie de l'ancien lit du Vaal-River a été mis à découvert.

L'analogie de la brèche mélaphyrique superficielle du Vaal-River avec la célèbre brèche mélaphyrique (*Boulder-Bed*) de la base du Karoo est telle, que M. Dunn l'a désignée sous ce nom dans sa carte géologique. La seule différence entre ces brèches consiste dans la présence ou l'absence de fragments et de blocs de roches anciennes. Mais, comme nous avons vu que les premiers mélaphyres de Natal, contemporains des premières formations du Karoo, contiennent toujours des fragments de ces roches anciennes, nous sommes ainsi amenés à émettre l'opinion

que la grande brèche mélaphyrique de la base du Karoo ne serait que l'affleurement plus ou moins décomposé d'une immense nappe de mélaphyre postérieure au soulèvement de la formation carbonifère.

C. *Distribution et âge des mélaphyres.* — Les mélaphyres se rencontrent dans l'Afrique du Sud, formant d'immenses nappes horizontales pouvant atteindre jusqu'à 250 mètres d'épaisseur et plus, intercalées dans les roches triasiques. On les a surtout reconnus jusqu'à présent à Natal, dans la Cafrerie, dans la région sud-est de la formation triasique, au Transvaal, à Kimberley, et enfin en certains points de la Colonie du Cap. On les rencontre aussi au nord du Transvaal, près du confluent du Limpopo et du Marico, intercalés dans des grès. Enfin, près du Zambèze, au nord du grand plateau granitique de Matébélé, M. Küss a constaté, près du terrain permien ou triasique du Zambèze, l'existence de porphyres amygdaloïdes, analogues probablement aux mélaphyres dont nous venons de parler.

L'intercalation, sans métamorphisme de contact, de nombreuses nappes horizontales de mélaphyres dans les couches triasiques, la prédominance d'une variété particulière de mélaphyre (mélaphyre à roches anciennes) dans la partie inférieure de cette formation et de l'autre variété (amygdaloïde) dans la partie supérieure, nous portent à penser que ces différentes nappes de mélaphyre éruptif ou de boues mélaphyriques, sont certainement contemporaines des formations sédimentaires qui les comprennent, c'est-à-dire qu'elles s'étendent depuis l'époque dévonienne jusqu'à la fin des dépôts lacustres actuellement connus (mélaphyre du Mont aux Sources).

§ 3. — Roches dioritiques.

Les éruptions dioritiques (diorites, diabases, ophites, etc.) ont, pour ainsi dire, criblé le sol presque entier de l'Afrique du Sud et surtout celui du grand bassin triasique.

A. *Forme des éruptions dioritiques.* — Les diorites, dans l'Afrique du Sud, se présentent toujours formant des mamelons, des bombements ou des dômes paraissant plus ou moins tabulaires et pouvant atteindre une centaine de mètres de hauteur et plus.

Les diorites forment quelquefois aussi, mais rarement, des intercalations dans les roches sédimentaires ; elles constituent aussi le chapeau de nombreux plateaux et collines tabulaires. Cependant jamais la diorite ne paraît former des nappes horizontales étendues comme le mélaphyre ; elle a plutôt une tendance presque constante à la forme en dôme avec coulées irrégulières plus ou moins étendues autour de ce dôme.

Les éruptions dioritiques sont bien plus répétées que puissantes, et nous croyons, quant à nous, que chaque dôme ou mamelon dioritique correspond à au moins un filon d'épanchement spécial.

Les coulées dioritiques sont si nombreuses à la surface des plateaux du grand bassin triasique, qu'elles en recouvrent, pour ainsi dire, presque entièrement le sol.

Les diorites, contrairement aux mélaphyres, ont toujours altéré les roches sédimentaires au contact; sans les métamorphiser, elles les ont généralement indurées, parfois même scorifiées. Comme les mélaphyres, elles n'ont jamais modifié l'horizontalité des couches. Nous avons vu de ce phénomène des exemples frappants, nous pourrions même dire extraordinaires.

Tous les dômes, toutes les collines, tous les dykes dioritiques de l'Afrique du Sud présentent le même aspect caractéristique. Ils sont généralement allongés, avec une tendance à une direction E. S. E. — N. N. O.; souvent trapézoïdaux en section, leur sommet légèrement arrondi, vu de la plaine, paraît presque rigoureusement plat.

Les flancs des coulées dioritiques sont couverts d'une énorme amas de blocs éboulés, peu arrondis et de forme irrégulière. L'altération extérieure de ces blocs de roches, atteignant souvent un volume de plusieurs mètres cubes, leur donne une couleur rouge violacée caractéristique.

L'apparence d'une coulée dioritique, dôme, colline, mamelon ou dyke, est toujours la même. Elle est celle d'un amas confus, plus ou moins considérable, de blocs rocheux. Cet aspect est dû à la structure polyédrique de la roche dioritique. Quelquefois cette structure polyérique devient nettement parallélipipédique, quelquefois basaltique, quelquefois tabulaire et quelquefois sphéroïdale ou globulaire (*).

Dans ce dernier cas (structure globulaire), qui se présente surtout dans les nappes d'épanchement, la diorite est formée de noyaux cristallisés très durs, entourés d'une série d'enveloppes sphériques et concentriques de diorite grenue et grossière, généralement décomposée ou altérée, et qui se détachent comme les écailles d'un oignon.

Les amas de blocs, qui recouvrent les coulées dioritiques jusque sur leurs sommets, sont simplement le résultat de la fissilité de la roche et de la décomposition sur

(*) Les diorites de l'Afrique du Sud ont parfois et dans une même coulée des apparences si diverses que les géologues du Cap leur ont donné souvent les noms soit de dolérites, soit de gabbros, de diorites, de basaltes, etc.

place des blocs séparés les uns des autres. Nous avons pu nous-mêmes constater ce fait plusieurs fois sur place et avons vu la roche fissurée suivant une structure régulière, surplombant comme de véritables colonnes basaltiques les amas de roches éboulées. Partout aussi où, pour une cause quelconque, on a déblayé les éboulis de roches dioritiques, on a retrouvé au-dessous la diorite compacte en place.

Les dômes et les collines de diorite correspondant au centre d'épanchement sont généralement formés de diorites compactes peu cristallisées, très dures, quelquefois même aphanitiques. Les épanchements qui entourent ces dômes sont généralement, au contraire, formés de diorites grenues, souvent même de roches dioritiques très grossières et entièrement altérées. C'est généralement aussi dans les épanchements latéraux que l'on trouve la structure sphéroïdale.

Les diorites décomposées recouvrent la plus grande partie du sol du centre sud-africain. Si l'on vient à creuser dans la diorite décomposée, on constate, en approfondissant, que la roche devient de moins en moins altérée, de plus en plus dure et compacte, et passe à une diorite grenue, largement cristallisée. Nous avons pu constater ce fait plusieurs fois, notamment dans le creusement d'un puits d'extraction, qui a recoupé un épanchement dioritique sur 36 mètres d'épaisseur environ.

Les sources, qu'on rencontre si rarement sur les grands plateaux déserts triasiques, suintent généralement à la base des collines dioritiques, au contact de la roche éruptive fissurée avec les schistes sous-jacents imperméables.

B. *Nature des diorites.* — La diorite de l'Afrique du Sud n'est jamais amygdaloïde; sa structure passe souvent d'un côté à une véritable pâte porphyrique, et d'un

autre à une structure aphanitique. Elle est très élastique sous le marteau, très dure, et les noyaux de diorite cristallisée sont pour ainsi dire incassables.

Dans la diorite aphanitique, la cassure est conchoïdale; dans les diorites cristallisées, elle est irrégulière.

La couleur des diorites est très variable : violet foncé pour la diorite aphanitique, elle devient de plus en plus verdâtre à mesure que la roche devient plus grenue; elle passe au vert bouteille et au vert jaune quand la diorite grenue est altérée ou décomposée, parfois aussi, mais exceptionnellement, au brun foncé (échantillons n°s 51 à 71).

L'amphibole prédomine souvent sur le feldspath, qui se détache parfois sur le fond foncé de la diorite. Quelquefois le feldspath disparaît même entièrement, et la roche passe à une véritable amphibolite. Quelquefois aussi l'amphibole disparaît à son tour, et la roche passe alors à une roche feldspathique blanc-grisâtre.

Il n'y a jamais d'unité dans la nature des diorites provenant d'un même épanchement. Quelquefois même un seul épanchement peut présenter presque toutes les variétés de la roche.

C. *Distribution et âge des diorites.* — Les coulées ou les filons dioritiques se rencontrent partout dans l'Afrique du Sud, jusqu'au Zambèze.

La diorite se montre recoupant les granites, les terrains anciens, dévoniens, etc., mais surtout les terrains triasiques du centre, où leurs éruptions sont assez multipliées pour recouvrir presque entièrement le sol des hauts plateaux. Les éruptions dioritiques se sont donc produites sur une étendue énorme; mais la force éruptive ainsi dispersée sur ces infinités de points ne s'est pour ainsi dire concentrée nulle part pour produire une éruption importante.

Les diorites ont dû traverser les roches sous forme de filons allongés et étroits (dykes), circulaires ou elliptiques (dômes et bombements), allongés et larges (collines). Les points les plus élevés des épanchements (dômes, bombements) correspondent aux centres d'épanchement.

Contrairement aux mélaphyres, les coulées de diorite couvrent le sol actuel et en épousent la forme. De leur étude, il ressort pour nous la conviction absolue, qu'elles sont dans leur ensemble postérieures à la grande dénudation du terrain triasique.

Nous sommes loin d'en conclure pour cela qu'elles soient récentes, la grande dénudation de la formation du Karoo étant certainement antérieure à l'époque jurassique, comme nous le démontrerons plus loin.

§ 4. — Roches diamantifères.

Les roches éruptives diamantifères n'ont comme masse qu'une bien faible importance, comparées aux autres roches ; mais elles contiennent le diamant, et ce sont elles qui constituent les gisements miniers si célèbres de l'Afrique du Sud.

A. *Gisements diamantifères.* — Les gisements diamantifères forment des masses coniques ou cylindroïdes, s'enfonçant normalement dans le sol, et remplissant de véritables cheminées taillées comme à l'emporte-pièce dans les roches sédimentaires et éruptives sous-jacentes.

Au point de vue du diamant, elles peuvent être plus ou moins riches, plus ou moins stériles, mais elles présentent toujours les mêmes caractères géologiques.

Parmi les gisements de roches diamantifères connus aujourd'hui, nous citerons, en allant de l'ouest à l'est (voir la coupe *fig.* 2, Pl. VII, et la carte *fig.* 2, Pl. V) :

1° Newland's Kopye; 2° Victoria Kopye; 3° Radloff's Kopye; 4° Kamfer's Dam; 5° Otto's Kopye; 6° Taylor's Kopye; 7° Doyl's Kopye; 8° Colesberg Kopye (Kimberley Mine); 9° Sainte-Augustine Mine; 10° de Beers Mine; 11° Dutoit's Pan Mine; 12° Bultfontein Mine; 13° Olifant's Kopye; 14° Coffee fontein Mine; 15° Klipfontein; 16° Jagersfontein Mine; 17° Vogelsfontein; etc., etc.

Tous ces gisements sont situés sensiblement le long d'une ligne droite de 200 kilomètres de long, allant du Hart River (Griqualand West) à Fauresmith (république d'Orange), en passant par Kimberley. Cette ligne fait, avec le méridien, un angle d'environ 30° vers l'ouest.

Toutes les cheminées diamantifères ont une section circulaire, elliptique ou réniforme, sans orientation spéciale. Leur diamètre peut varier de 20 mètres (Newlands Kopye) jusqu'à 450 mètres (Dutoit's Pan); mais il est généralement compris entre 150 et 300 mètres (Kimberley, de Beers, Bultfontein, etc.).

Le groupement le plus important de ces gisements est celui du Griqualand West (Kimberley), où, dans un rayon d'environ une lieue, on trouve les quatre mines exploitées de Kimberley, de Beers, Bultfontein, Dutoit's Pan, et les gisements plus ou moins reconnus de Olifant's Kopye, Otto's Kopye, Taylor's Kopye, Sainte-Augustine, Kamfer's Dam, Doyl's Kopye (voir le plan *fig.* 3, Pl. V).

Tous les gisements de roches diamantifères se sont présentés primitivement comme surmontés d'une légère éminence de quelques mètres de hauteur : d'où leur nom caractéristique de *kopyes* (éminence, petite tête).

B. *Cheminée diamantifère de Kimberley.* — La cheminée diamantifère que l'on connaît le mieux jusqu'à présent par suite des travaux d'exploitation, est celle de Kimberley ; c'est celle aussi que nous avons le plus étudiée, et que nous décrirons tout d'abord en détail.

La cheminée de Kimberley est sensiblement elliptique; son grand axe fait un angle de 45° environ avec le méridien. La surface primitive, au niveau du sol, était d'environ 4 hectares; son petit axe mesurait 200 mètres, son grand axe 270 mètres.

Les travaux exécutés à ciel ouvert pour l'enlèvement du minerai diamantifère ont démontré que la section de la cheminée n'était pas constante, mais allait en diminuant en profondeur, l'inclinaison des parois n'étant pas moindre en certains points de 15° vers le centre. Au niveau de 84 mètres, où l'on a rencontré la nappe de mélaphyre, le petit axe ne mesure plus que 150 mètres, et le grand axe 240 mètres environ (voir la coupe, *fig.* 1, Pl. VIII).

La cheminée de Kimberley traverse :

1° 0^m,60 environ de sable rouge (*red soil*);

2° 15 mètres de schistes blancs et jaunes, de schistes gris verdâtres, remplacés en certains points par un épanchement dioritique;

3° 68^m,70 de schistes et grès schisteux noirs très pyriteux, et contenant de nombreux rognons de carbonate de fer (*reef* des mineurs);

4° Une nappe de mélaphyre de 70 mètres d'épaisseur environ (*hard rock* des mineurs);

5° Une formation probable, mais non encore reconnue directement, de grès argilo-calcaires fins, tendres, grisâtres, d'argiles grises et verdâtres et de schistes noirs;

6° Des roches dioritiques et granitiques.

Les roches traversées sont dans leur ensemble horizontales, et la nappe de mélaphyre s'est rencontrée de chaque côté de la mine, à peu près au même niveau de 84 mètres.

Les parois de la cheminée sont toujours parfaitement lisses et finement striées de bas en haut; elles sont souvent tapissées d'une matière onctueuse blanchâtre, de

quelques millimètres d'épaisseur. Les stries, toutes parallèles, attestent très nettement un frottement de deux roches l'une contre l'autre, et par conséquent une poussée verticale de bas en haut de la matière contenue dans la cheminée.

Parfois, le contact n'est pas immédiat entre la paroi de la cheminée et la roche diamantifère ; il s'est ainsi formé des poches d'une dimension assez considérable, tapissées de beaux cristaux de carbonate de chaux (échantilllon n° 98). Ces poches sont souvent remplies d'un gaz explosif assez dangereux pour l'exploitation souterraine (hydrocarbures).

Au sud et peut-être tout autour de la mine, il existe en outre ce que l'on peut appeler le faux contact : la véritable roche diamantifère est généralement séparée de la paroi par 2 à 3 mètres d'un magma formé d'un mélange de roche diamantifère et de débris des roches de la paroi (échantillons n° 99). La séparation entre la roche du faux contact et la roche diamantifère est toujours très nette et constitue un véritable contact géologique avec stries verticales qui prouve l'existence d'un second glissement de la roche diamantifère, dû soit à un étirage, soit à un glissement postérieur par suite de retrait.

Le gaz explosif a été rencontré non seulement au contact des schistes noirs, mais aussi au contact du mélaphyre.

Les couches de schistes (*reef*) qui forment la paroi de la cheminée n'ont éprouvé au contact aucune altération ; elles sont seulement relevées vers le haut sur 1 à 3 pieds de longueur tout au plus. Ce fait démontre irréfutablement, s'il pouvait y avoir le moindre doute à ce sujet, que la roche diamantifère encaissée est venue de bas en haut et non de haut en bas.

A l'extrémité est du grand axe de la mine de Kimberley, la cheminée s'est trouvée, à la partie supérieure,

prolongée par une fente qui, d'abord remplie de roche diamantifère, se terminait dans le *reef* par une faille. En profondeur, cette faille a semblé disparaître. Le peu d'avancement des travaux dans l'ouest de la mine n'a pas permis de reconnaître si la faille se retrouvait de ce côté.

L'approfondissement beaucoup moindre des autres gisements diamantifères et l'absence presque complète de travaux de recherche en profondeur n'a pas permis de reconnaître et d'étudier les cheminées de ces mines comme celle de Kimberley. Nous dirons cependant que la loi d'inclinaison des parois existe pour toutes les mines. Les roches traversées par les cheminées sont aussi les mêmes, schistes gris, diorites, schistes noirs; à de Beers, en certains points, les diorites atteignent 36 mètres d'épaisseur; la diorite est aussi plus puissante à Dutoit's-Pan qu'à Kimberley.

Enfin, quoique l'horizontalité générale des couches soit conservée dans les autres mines comme à Kimberley, nous devons dire cependant qu'une portion du *reef* (schiste) des mines de de Beers et Bultfontein a été fortement relevée sous un angle d'au moins 15°.

C. *Remplissage des cheminées diamantifères.* — La roche diamantifère qui remplit toutes les cheminées est constituée par une brèche serpentineuse noirâtre empâtant beaucoup de minéraux et une immense quantité de fragments ou de blocs de roche.

La pâte serpentineuse de la brèche est compacte, tendre, légèrement grasse au toucher; elle se coupe facilement au couteau et se raye sous l'ongle. La couleur de la roche dans l'intérieur de la mine est vert foncé tirant sur le noir; exposée au soleil et à la pluie, la roche diamantifère se délite et se pourrit avec la plus grande rapidité (échantillons n° 81 à 156). Au fur et à mesure de son exposition à l'air, la roche diamantifère se décolore de plus

en plus, en passant par le bleuâtre, le gris bleu et le grisâtre, ce qui lui a valu le nom de *blue ground* (terre bleue). Après lavage, le sable fin qui reste comme résidu est complètement décoloré et tire sur le jaune clair.

La roche diamantifère a présenté des phénomènes semblables d'altération et de décoloration dans les cheminées mêmes par suite du voisinage de l'air et des eaux d'infiltration. Sur 18 à 24 mètres d'épaisseur elle est toujours entièrement décolorée; elle forme une masse friable sableuse, jaune clair, tirant sur le blanc, à laquelle les mineurs ont donné le nom de *yellow ground* (terre jaune). Le passage du *yellow ground* au *blue ground*, quoique avec des transitions, est toujours assez brusque (échantillons n°s 127, 128). Le niveau de passage n'est jamais absolument horizontal, et a parfois une inclinaison pouvant atteindre en certains points de 5 à 15°.

La transition du *yellow ground* au *blue ground* se fait parfois directement, parfois aussi par l'intermédiaire de roches plus ou moins altérées et colorées en gris rougeâtre auxquelles on a donné le nom de *rosty ground* (terre rouillée). Cette terre rougeâtre peut avoir en certains points jusqu'à 5 à 6 mètres d'épaisseur.

La roche diamantifère, quoique déjà compacte en apparence au-dessous du *rosty ground*, le devient encore de plus en plus en profondeur.

Le *yellow ground*, par suite du foisonnement qu'il a subi, est bien rarement compacte; il est souvent chargé d'une proportion considérable de matière étrangère apportée par les eaux d'infiltration ou les émanations d'en bas, et nous avons pu, par une observation sérieuse de beaucoup de *yellow grounds*, acquérir la conviction que le foisonnement de cette roche avait dû être très considérable, peut-être même dépasser le tiers de son volume primitif dans beaucoup de cas.

Presque toutes les roches diamantifères paraissent sen-

siblement identiques comme nature et comme composition ; cependant elles présentent des variétés innombrables suivant la finesse plus ou moins grande de la pâte et les variations de la couleur.

Chaque mine a son type général de roche bien distinct. Le *blue ground* de Kimberley, à pâte fine, serrée, fortement comprimée, tirant sur le noir et contenant une immense quantité de petits fragments de schiste qui lui donnent le véritable caractère d'une brèche, est bien différent de celui de toutes les autres mines, généralement moins foncé, plus graveleux, plus friable, et de pâte plus régulière.

Les *blue grounds* des autres mines, quoique plus semblables d'apparence, diffèrent eux-mêmes entre eux.

Dans une même mine, et en particulier dans celle de Kimberley, la roche diamantifère présente de nombreuses variétés, tellement distinctes, qu'il serait impossible, sans l'expérience du mineur, de les considérer comme appartenant à une même espèce de roche.

A l'ouest de la mine de Kimberley, on rencontre deux sortes de roches, généralement pauvres et stériles. L'une de ces roches est jaunâtre, assez tendre et fortement remaniée ; l'autre, solide, compacte, indécomposable à l'air, présente, non plus les caractères d'une terre décomposée et remaniée, mais bien ceux d'une véritable brèche rocheuse non décomposée (échantillons nos 81 et 88).

La partie orientale de la mine de Kimberley a possédé aussi dans sa partie supérieure des roches jaunâtres analogues à celles de l'ouest, mais qui ont disparu en profondeur.

Certaines terres diamantifères qui touchent les parois au nord et au sud de la mine sont identiques ; elles sont surtout caractérisées par une extrême abondance de matière blanche talqueuse ou micacée, plus ou moins pourrie, qui peut parfois arriver à former la matière prédominante de la pâte.

La terre du centre de la mine se distingue généralement par sa compacité, c'est celle que l'on peut considérer comme caractéristique de la mine de Kimberley.

Chaque variété de terre ou de roche diamantifère est connue à première vue par le mineur qui peut, à peu près, indiquer la provenance de la roche et la richesse en diamants. C'est ainsi que les minerais jaunes et rocheux de l'ouest et de l'est de la mine de Kimberley sont stériles ou à peu près stériles ; que les minerais du centre contiennent généralement de 4 à 5 carats au mètre cube, les minerais du pourtour de la mine de 5 à 6 carats, et ceux du sud, du sud-est et du nord-ouest environ 3 carats.

Ces différentes variétés de roches sont séparées par des *slips* ou fentes généralement visibles, d'une épaisseur de 1 centimètre au plus, remplies souvent d'une matière talqueuse (*greecy slips*). Nous avons nous-mêmes vérifié plusieurs fois à Kimberley une différence absolue dans la richesse de deux roches situées de chaque côté d'un *slip*.

Les minerais de différentes natures et qualités forment, à Kimberley et parfois dans les autres mines, des colonnes verticales et souvent aussi sensiblement inclinées. Ces colonnes verticales de roches de nature et de richesse différentes correspondent certainement à des coulées et éruptions successives qui se sont recoupées les unes les autres.

L'existence de ces coulées différentes est manifeste aussi en certains points des autres mines. A Dutoit's Pan, par exemple, on voit à l'ouest d'immenses coulées sableuses, grises, pauvres et stériles qu'il est bien facile de distinguer du vrai *yellow ground* qui les enveloppe.

Nous avons la conviction que la mine de Kimberley actuelle ne contient pas moins de quinze coulées différentes.

Les coulées de roche diamantifère diffèrent non seulement par leur richesse en diamants, mais aussi par la nature du diamant que l'on y trouve. Le diamant varie non seulement, en effet, comme aspect, cristallisation, dimension et couleur, d'une mine à l'autre, mais même d'une coulée à l'autre dans Kimberley.

Outre les fentes séparant les différentes coulées, il existe dans les roches diamantifères de nombreuses fissures toujours remplies de talc blanc ou de carbonate de chaux fibreux. Ces fissures sont probablement dues à des retraits qu'a dû déterminer la solidification de la roche.

Toutes les mines, tous les gisements à roche diamantifère découverts jusqu'à présent, ont été trouvés recouverts d'une croûte de carbonate de chaux tufacé de quelques pieds d'épaisseur. Ce calcaire est probablement dû à l'action des eaux pluviales dont l'acide carbonique a dû transformer en carbonate la roche diamantifère décomposée.

D. *Minéraux de la roche diamantifère*. — La roche diamantifère contient, contrairement aux roches éruptives que nous avons précédemment décrites, de nombreux minéraux et des fragments et des blocs de différentes roches disséminés dans toute sa masse.

Les principaux minéraux que l'on rencontre en plus ou moins grande abondance dans la roche diamantifère, sont : 1° le diamant; 2° le grenat; 3° le mica; 4° le sahlite; 5° la pyrite; 6° la calcite; 7° le zircon; 8° le fer titané, l'ilménite et la magnétite; 9° enfin, l'enstatite.

M. Stanislas Meunier, qui a fait des roches diamantifères de Kimberley une étude approfondie, y a reconnu, en outre, de petits cristaux de péridot incolore et une variété décomposée de tourmaline.

Après le lavage de la roche diamantifère décomposée,

tous les minéraux sont rassemblés et forment un sable fin, souvent brillamment coloré en vert et en rouge par le grenat et la sahlite. On peut estimer en volume de $\frac{1}{3.000}$ à $\frac{1}{5.000}$ environ la masse totale des minéraux contenus dans la roche diamantifère.

Dans les mines actuellement en exploitation, la teneur en diamant varie de 1/3 de carat à 6 carats (*) par mètre cube de roche en place, soit en poids environ de $\frac{1}{36.000.000}$ à $\frac{1}{2.000.000}$. La teneur, rarement supérieure à 6 carats, peut s'abaisser dans certaines parties pauvres des mines exploitées ou dans les mines non exploitées, bien au-dessous de 1/3 de carat; certaines roches passent même pour être presque absolument stériles.

Le diamant se présente, soit cristallisé, soit en fragments; il n'est jamais empâté directement par la roche serpentineuse, dont il est toujours séparé par une mince pellicule de carbonate de chaux. Il varie en grosseur depuis la plus petite dimension jusqu'au poids de 350 carats en passant par toutes les dimensions intermédiaires. Les diamants de 80 à 120 carats ne sont pas rares : il ne se passe guère de jour que l'on ne trouve au moins un ou plusieurs diamants de cette dimension dans les quatre mines en exploitation.

Nous n'avons jamais rencontré le diamant cubique au Cap; les formes cristallines les plus fréquentes sont l'octaèdre et le dodécaèdre plus ou moins modifiés.

Les diamants en fragments dominent parfois, surtout dans certaines parties de la mine de Kimberley et de de Beers. Ces fragments atteignent souvent de grandes dimensions, et il est très fréquent d'en voir paraissant

---

(*) Nous rappelons que la valeur du carat est de 0^{gr},205.

correspondre à des pierres de 300 à 500 carats. Les fragments de diamants sont toujours blancs, mais souvent remplis de taches noirâtres.

Le *boort* est une variété de diamant grisâtre ou noirâtre avec un éclat d'acier, à cristallisation confuse. Il est parfois très abondant dans certaines coulées de minerais; il forme des boules rugueuses contenant parfois des parties bien cristallisées. Il atteint assez souvent de fortes dimensions, 100 à 200 carats.

Le diamant du Cap passe du blanc-bleuâtre le plus pur (Jagersfontein) au jaune foncé et au jaune orange par toutes les nuances intermédiaires. Le diamant blanc pur atteint rarement de fortes dimensions. Le plus gros trouvé jusqu'à présent est le diamant de Porter Rhodes, trouvé à Kimberley, du poids d'environ 160 carats (*), parfait comme eau et comme couleur. Les beaux diamants blancs sans tache sont presque toujours cristallisés en octaèdres parfaits. En tous cas, les modifications du cristal, s'il y en a, sont toujours très simples et portent presque toujours sur les angles. Les cristaux blancs purs dépassant 10 carats sont rares; généralement les diamants blancs dépassant cette dimension sont des cristaux plus ou moins tachés, plus ou moins modifiés, ou des fragments de cristaux tachés.

Les macles en forme de cœur, assez abondantes, sont toujours blanches; elle sont souvent de grandes dimensions, mais presque toujours tachées.

Les diamants jaunes sont toujours nettement cristallisés; un fragment de diamant jaune est bien rare, presque exceptionnel. Tous les gros cristaux sont généralement jaunes; ils sont habituellement octaédriques avec de

(*) On vient d'annoncer tout récemment la découverte d'une pierre parfaite, un peu allongée, du blanc le plus pur, du poids de 357 carats.

nombreuses modifications sur les arêtes et non sur les angles. Les diamants jaunes paraissent avoir offert à la rupture et au clivage une bien plus grande résistance que les diamants blancs. Nulle part on ne trouve deux fragments d'un même diamant au voisinage l'un de l'autre dans la roche diamantifère.

Les diamants colorés sont très rares au Cap; nous avons cependant vu un diamant rose-violacé d'environ 16 carats, et quelques beaux cristaux d'une belle couleur orange, ou tirant sur le vert absinthe.

Quelquefois le diamant parait enfumé : il est alors légèrement coloré en brun et a généralement la forme pure de l'octaèdre sans modifications.

Dans ces conditions, il craque ou éclate souvent en de nombreux fragments quelques heures ou quelques jours après sa sortie de la mine. Parfois la coloration brune s'accentue, et devient telle que le diamant devient noir, opaque; nous avons vu plusieurs beaux spécimens de diamant noir.

La densité du diamant de l'Afrique du Sud varie de 3,520 à 3,524 du diamant blanc au diamant jaune; on voit que la densité du minéral et sa résistance à la rupture sont concordantes.

Comme nous l'avons déjà dit, chaque mine de diamant, chaque coulée dans la mine de Kimberley, correspond pour ainsi dire à un type particulier de diamants.

Le diamant, à Bultfontein, se présente presque toujours sous forme de petits octaèdres très modifiés sur les arêtes, blancs et souvent tachés. Il est bien différent du diamant de Dutoit's Pan, qui atteint souvent de grandes dimensions, est bien cristalisé, souvent teinté, et où les taches sont rares.

Le diamant de Dutoit's Pan est à son tour différent du diamant de Kimberley et de de Beers, à éclat beaucoup plus métallique, à fragments blancs tachetés, beaucoup

plus nombreux et où l'on rencontre plus souvent aussi le boort.

Dans la même mine de Kimberley, la partie ouest de la mine est caractérisée, ainsi que le coin nord-est, par ses octaèdres bruns enfumés ; la partie est et sud-est par des cristaux analogues à ceux que l'on trouve à Dutoit's Pan ; le nord par son boort ; le sud et le centre, par la grande quantité de fragments. Il est bien entendu que la distribution des diamants n'a rien d'absolu, et qu'un diamant donné peut provenir indistinctement d'une des quatre mines. Mais, dans son ensemble, cette répartition des types de diamant est tellement nette, qu'un acheteur de diamants ne se trompe jamais sur une *partie de diamants* de compagnie (production d'une semaine d'une compagnie), et indique immédiatement la mine d'où elle provient.

La quantité de diamants va-t-elle en croissant, en diminuant, ou est-elle sensiblement constante à mesure que l'on va en s'approfondissant dans les gisements diamantifères? En ne considérant tout d'abord que la seule mine de Kimberley, l'enrichissement, si enrichissement il y a, a été en tout cas faible et est même très discutable. La mine de Kimberley, dès sa découverte et dès le commencement de son exploitation, s'est montrée extrêmement riche, tellement riche qu'elle a fait abandonner de suite l'exploitation des trois autres mines de de Beers, Dutoit's Pan, et Bultfontein, qui n'a été reprise que bien postérieurement, en 1881. Kimberley est toujours extrêmement riche, et la plus riche des quatre mines ; mais faute de renseignements statistiques anciens, il est aujourd'hui impossible de se prononcer sur le fait d'un enrichissement, surtout si l'on tient compte de la baisse considérable qu'a éprouvé le prix du diamant depuis la découverte de Kimberley.

La mise en compagnies de la mine de Kimberley aurait dû jeter un peu de lumière sur cette question depuis

quelques années, par suite même de la publication forcée des bilans et des résultats annuels de l'exploitation. Des chiffres que nous publions dans la seconde partie de notre travail, il ne résulte pas d'enrichissement général apparent. Les chiffres, il est vrai, sont encore trop peu nombreux, pour que de leur groupement puisse ressortir une loi, surtout si cette loi est peu accentuée. Chaque compagnie possède en effet généralement, dans Kimberley, des parties de coulées plus ou moins riches.

Suivant les circonstances, les chutes de *reef*, les inondations, le travail des compagnies est concentré plus ou moins dans telles ou telles parties de leurs blocs, et les résultats annuels au point de vue de la richesse ou de la teneur varient beaucoup.

Quant au trois mines de de Beers, Dutoit's Pan et Bultfontein, nous avons dû, devant la force des faits, nous rallier d'une façon absolue, à l'idée d'une loi d'enrichissement générale très rapide, à laquelle, nous devons le reconnaître, nous avons été, nous basant sur l'exemple de Kimberley, absolument opposés pendant très longtemps.

La mine de de Beers, très pauvre autrefois, abandonnée complètement à la suite de la découverte de Kimberley, est aujourd'hui, au niveau de 400 pieds, presque aussi riche que cette dernière mine. Les compagnies mêmes qui ne trouvaient qu'une teneur dérisoire dans les parties élevées de leurs blocs et qui se sont décidées à creuser des puits de recherches, ont rencontré souterrainement, vers le niveau de 400 pieds, des minerais aussi riches ou presque aussi riches que ceux qu'exploitent leurs voisins à ciel ouvert. Nous croyons, sans exagération aucune, pouvoir dire, qu'il est aujourd'hui absolument prouvé que la richesse du minerai diamantifère de la mine de de Beers a presque décuplé, du niveau de 0 à celui de 400 pieds.

A Dutoit's Pan, quoique l'enrichissement constaté soit très considérable, il est loin cependant d'atteindre encore celui qui a été constaté à de Beers. Cela tient à ce que l'exploitation à ciel ouvert est beaucoup moins profonde à Dutoit's Pan qu'à de Beers, et, en outre, à l'absence complète jusqu'à ces derniers temps de travaux souterrains de recherche.

Nous pouvons cependant dire que la teneur en diamants du minerai de Dutoit's Pan a au moins doublé du niveau de 0 à celui de 175 pieds.

Tout tend, en outre, à faire croire que cette richesse va en augmentant encore bien plus rapidement à partir du niveau de 175 pieds, et qu'il y a actuellement de sérieuses probabilités pour que la mine de Dutoit's Pan, vers le niveau de 400 pieds, soit aussi riche que ses voisines les mines de Kimberley et de de Beers.

Pour la mine de Bültfontein on ne connaît rien encore au-dessous du niveau de 200 pieds, mais du niveau de 0 à celui 200 pieds, la teneur en diamants a environ triplé et cela d'une façon absolument régulière, nous pouvons dire même presque mathématique, pour certaines compagnies.

Nous pouvons ajouter, en outre, que certainement la qualité du diamant des deux mines de Bultfontein et de Dutoit's Pan a augmenté considérablement depuis quelques années, tant au point de vue de la coloration, qu'à celui des taches. Les diamants paraissent en outre être bien moins brisés que par le passé.

Cette question de l'enrichissement a une importance considérable. Nous voyons, en effet, que la richesse va en doublant, triplant et décuplant pour les trois mines de de Beers, Dutoit's Pan et Bultfontein, pour des profondeurs absolument insignifiantes de 125, 200 et 400 pieds. Si la loi d'enrichissement se maintenait dans ces condi-

tions, quelle surprise réserveraient ces mines aux grandes profondeurs que peut atteindre l'exploitation?

Nous avouons ici très franchement que, forcé de nous incliner devant les faits indiscutables d'enrichissement de ces trois mines, nous sommes aussi pour l'instant dans l'impossibilité absolue d'en donner une explication acceptable.

Le *grenat* est extrêmement abondant dans la roche diamantifère; il n'est jamais nettement cristallisé, quoique transparent; jamais il ne dépasse le poids de plusieurs carats. Nous n'en avons jamais vu un échantillon qui valût la peine d'être taillé.

Le *sahlite* est assez abondant, souvent même plus abondant que le grenat. Il se présente sous forme de cristaux ou de fragments de cristaux vert foncé, facilement clivables; quelquefois il possède un beau reflet, analogue à celui du labrador. Quelques spécimens ont été trouvés, à Coffeefontein, cristallisés et transparents, formant d'assez jolies pierres d'un vert foncé.

Quelquefois le grenat et le sahlite sont associés ensemble, et forment des masses arrondies, à éléments nettement cristallisés, constituant une des plus belles roches que l'on connaisse.

Le *mica magnésien* contenu dans la roche diamantifère est extrêmement abondant; parfois même il arrive à constituer la pâte même de la roche. Il se présente généralement en belles lamelles cristallines, verdâtres ou brunâtres; souvent aussi il forme des boules brunes, de la grosseur d'un œuf, et dans ce cas la roche est généralement imprégnée d'une matière micacée blanchâtre, onctueuse et grasse comme du talc.

Parfois le mica est remplacé par une chlorite cristallisée, qui a été déterminée par le professeur Maskelyne comme une variété nouvelle, à laquelle il a donné le nom de *vaalite*.

Le *zircon* est rare; c'est dans la mine de de Beers qu'il s'est montré le plus abondant.

Le *fer titané*, l'*ilménite*, la *magnétite*, sont les plus abondants de tous les minéraux contenus dans la roche diamantifère. Ils forment la véritable masse du gravier que l'on recueille après le lavage, et constituent toujours un sable très fin; ils se rencontrent parfois dans le *blue-ground* sous forme de boules friables, de la grosseur du pouce.

La *pyrite* est souvent concrétionnée en forme de boules; quelquefois elle est cylindrique; sa présence dans le minerai est toujours momentanée.

La *calcite* est parfois assez abondante; elle est d'ordinaire de couleur blanchâtre, quelquefois très transparente.

On peut dire que le *quartz* manque absolument dans la roche diamantifère. Nous n'avons jamais trouvé, dans le résidu du lavage de centaines de milliers de mètres cubes de minerais, aucun échantillon de quartz. On trouve cependant parfois un peu de silice opaline, provenant certainement des eaux d'infiltration.

L'*enstatite* est enfin un des éléments constitutifs de la brèche serpentineuse, où elle existe plus ou moins cristallisée et en extrême abondance.

E. *Blocs et fragments de roches contenus dans la roche diamantifère.* — Outre les minéraux que nous venons de décrire et qui paraissent faire partie de la roche serpentineuse décomposée qui a formé le *blue-ground*, le minerai diamantifère contient de nombreux fragments ou des blocs des roches sédimentaires et éruptives qu'il a traversées pour venir au jour.

Ces blocs ont atteint parfois des dimensions colossales, et nous en pouvons citer qui ont dépassé et dépassent encore 30.000 mètres cubes. Les masses de roches

qui atteignent ces dimensions sont formées d'argiles triasiques ou de schistes triasiques décomposés. Les mineurs leur ont donné le nom caractéristique de *floating reef* (reef flottant). Le *floating reef*, toujours très abondant dans les parties supérieures des mines et dont on a rencontré de grandes quantités dans le centre de la mine de Kimberley, a disparu peu à peu de cette dernière mine en profondeur.

Les fragments de schistes sont restés cependant comme un des éléments importants de la roche diamantifère. Ces fragments de schistes, noirs et tendres, ne sont nullement altérés; leurs arêtes vives ne sont nullement émoussées. Ils sont disséminés au hasard dans la pâte rocheuse.

Au-dessous de 70 mètres, les fragments et les blocs de grès, rares jusque-là, ont commencé à apparaître et à devenir abondants. Ces grès, appartenant à l'étage moyen du Karoo, sont argilo-calcaires, tendres, colorés en gris ou en jaunâtre. Nous avons vu plusieurs blocs de ces grès, d'un poids de 20 à 30 tonnes, empâtés dans le *blue ground*, sans qu'ils aient subi aucune altération. Les arêtes de ces blocs étaient parfaitement vives et nullement émoussées.

Nous avons rencontré aussi dans la mine de Kimberley des quartzites et des roches métamorphiques telles que des micaschistes et des fragments de talcschistes. Les fragments ou débris de ces dernières roches sont très rares, on peut même dire exceptionnels pour le quartzite.

Jusqu'à présent, on n'avait jamais constaté d'une manière nette l'existence du granite ou des roches cristallines dans le *blue-ground :* on avait même, de cette absence de roches des terrains primitifs, conclu à l'existence d'une nappe de roche diamantifère intercalée, comme les mélaphyres, dans le terrain triasique.

Le granite existe cependant dans les roches diamanti-

fères : nous en avons trouvé des fragments plus ou moins décomposés dans les différentes mines. Tous ces spécimens, par suite même de leur décomposition, pouvaient être considérés comme douteux, jusqu'au jour où, dans une *kopye* presque aussitôt abandonnée que prospectée (Doyl's Rush), située à un quart d'heure de la mine de Kimberley, nous avons trouvé une immense quantité de boulets de granite.

Le *yellow-ground* de Doyl's Rush contient dans sa pâte non seulement des boulets de forte dimension, mais encore une très grande quantité de petits fragments de granite. Le granite, dans cette nouvelle mine, paraît remplacer presque entièrement les schistes, grès et autres roches que l'on trouve empâtés dans le minerai des autres mines. Le granite ainsi trouvé est généralement gneissique et a bien tous les caractères d'un granite primitif. Il paraît correspondre au gneiss et au granite gneissique du plateau du Bushmanland. Certains spécimens à grain très fin paraissent cependant passer à la granulite.

Dans la mine de Jagersfontein, nous avons trouvé de nombreux fragments de diorites schisteuses, passant à un gneiss amphibolique ayant tous les caractères d'une roche très ancienne.

Outre des roches sédimentaires, métamorphiques et cristallines, on trouve aussi dans la roche diamantifère de Kimberley des diorites et des mélaphyres. Les diorites sont très abondantes, soit sous forme de petits noyaux arrondis, variant depuis la grosseur d'un grain de millet jusqu'à celle du pouce et au delà, soit sous forme de boulets arrondis, atteignant les dimensions de la tête d'un homme et davantage.

Les petits noyaux cristallisés sont très abondants : ce sont à peu près les seuls éléments rocheux qui résistent à la décomposition du minerai à l'air. Après le lavage, ils forment avec les différents minéraux cités plus haut le

gravier caillouteux que l'on trie à la main pour recueillir le diamant. Ces petits noyaux sont très régulièrement disséminés.

Les boulets de diorite sont généralement concentrés dans certaines coulées. Nous en avons vu de véritables colonnes d'une masse considérable dans le S. O. de la mine de Kimberley. Ces colonnes étaient inclinées vers l'ouest; elles étaient certainement de plusieurs milliers de mètres cubes. Quoique arrondies, nous sommes convaincu que les roches dioritiques ne doivent pas leur forme à un roulement ou à une usure : nous croyons qu'elles doivent provenir de diorites à structure globulaire, comme celles qu'on voit, en de si nombreux points, recouvrir le sol des Karoos.

La roche diamantifère contient aussi de nombreux fragments du mélaphyre qui forme les parois de la mine.

Les roches étrangères que contient la roche diamantifère proviennent certainement des roches traversées par la cheminée et des parois même de cette cheminée. Cela est évident pour les schistes noirs et le mélaphyre, que les travaux d'exploitation ou de recherche ont fait aujourd'hui reconnaître en profondeur.

Par analogie les roches amenées par le *blue-ground* nous indiquent, pour les parties encore inconnues en profondeur que traverse la cheminée, les formations que cette dernière a traversées, c'est-à-dire la formation moyenne du Karoo, des roches métamorphiques et siluriennes (Kaap-Plateau), le granite gneissique primitif qui forme la base de l'Afrique du Sud, et des coulées ou des masses de diorite globulaire et schisteuse.

La nappe diamantifère, si elle existe au moins en tant que nappe, ou en tout cas la roche diamantifère d'où provient le *blue-ground*, est donc inférieure aux formations les plus anciennes de l'Afrique du Sud, inférieure au niveau du granite lui-même.

F. *Age des cheminées diamantifères.* — Les cheminées et les roches diamantifères recoupent partout les diorites; elles sont donc postérieures à cette dernière roche. Elles sont par conséquent aussi postérieures à la grande dénudation des plateaux triasiques.

Sans pouvoir, par suite de l'absence de témoins géologiques plus récents recoupés par les éruptions diamantifères, assigner à ces dernières roches un âge précis, on peut en tout cas affirmer qu'elles sont postérieures à la grande dénudation triasique et que le pays avait déjà, lors de leur production, un aspect peu différent de celui qu'il présente aujourd'hui.

G. *Les* Pans *considérés comme cheminées diamantifères.* — La surface du grand plateau triasique, surtout dans la partie avoisinant les mines de diamants, est recouverte d'une série de dépressions absolument particulières à cette contrée où se recueillent les eaux pluviales. Ces *pans*, d'une dimension analogue, sauf de rares exceptions, à celles des cheminées diamantifères, ont toujours aussi une forme comparable à celle de ces dernières (circulaires ou elliptiques).

Les dépressions formées par les *pans* dépassent rarement quelques mètres; elles sont généralement à pente douce, quelquefois à pic. Nous avons été amenés à penser que tous les *pans* de l'Afrique du Sud, ou presque tous, correspondent à des cheminées analogues aux cheminées diamantifères.

Les mines de diamants seraient des cheminées où la roche diamantifère aurait débordé; les *pans* correspondraient à des cheminées où les coulées diamantifères n'auraient pas atteint le niveau du sol.

La roche diamantifère se pourrit et se décompose rapidement au contact de l'air; les épanchements qui ont débordé des mines de diamants ont donc été facilement

entraînés par les eaux et le vent, jusqu'à une certaine limite correspondant à la *kopye*. Les cheminées non remplies jusqu'en haut par les coulées de minerais l'auraient été postérieurement par les eaux apportant des boues et des débris de roches jusqu'à une certaine limite correspondant à la dépression actuelle du *pan*.

Le *pan* serait donc le correspondant et l'inverse à la fois de la *kopye*.

Nous n'avons malheureusement pu vérifier ce fait par aucun sondage; nous ne donnons donc pas cette explication comme certaine, mais seulement comme la seule logique pour expliquer cette formation des *pans* si particulière à l'Afrique du Sud. Le fond des nombreux *pans* que nous avons pu examiner s'est toujours montré comme formé d'un calcaire tufacé moderne ou d'une boue argileuse.

H. *Idées théoriques sur la formation des cheminées et des roches diamantifères.* — La roche diamantifère, *blue-ground* (serpentine remaniée), a généralement l'aspect d'un conglomérat ou d'une brèche boueuse. L'état parfait de conservation où se trouvent les fragments des grès et surtout des schistes noirs si altérables empâtés dans cette roche, et la nature des parois de la cheminée éruptive éloignent immédiatement et absolument toute pensée d'une température élevée des roches diamantifères pendant leur éruption.

La venue au jour des roches diamantifères provenant d'un niveau inférieur à celui du granite, la compacité actuelle de cette roche, surtout de celle qui constitue certaines brèches rocheuses de Kimberley, la recoupe successive des différentes coulées les unes par les autres, entraînent la nécessité d'une pression considérable de bas en haut que l'on ne peut attribuer à l'intervention de l'eau seule. D'un autre côté la vapeur d'eau, si

elle avait joué le rôle principal, aurait dû être forcément à une température élevée, suffisante en tous cas pour altérer les fragments des schistes.

Obligés de rejeter l'action de l'eau seule et l'action de la vapeur d'eau, nous sommes forcés d'admettre l'intervention de gaz, et de supposer ceux-ci à une température assez basse pour ne pas attaquer les fins éléments charbonneux du *blue-ground.*

Si nous remarquons en outre que l'on rencontre dans les cavités du *blue-ground* de grandes quantités de gaz explosif (hydrocarbures), que la roche diamantifère de noirâtre devient, après décomposition et lavage, entièrement blanche (*), et que le diamant, pour se former, a dû trouver quelque part le carbone nécessaire à sa formation, nous sommes amenés nécessairement à admettre des hydrocarbures comme agents d'action sur la roche diamantifère primitive, et agents de cristallisation ayant dû intervenir, par leur pression, pour contribuer à la montée dans les cheminées.

Pour nous résumer, nous croyons que, dans l'état des connaissances actuelles des roches et des cheminées diamantifères, on est amené forcément à conclure :

1° Que la roche diamantifère provient d'un niveau inférieur au granite primitif de l'Afrique du Sud ;

2° Que la roche diamantifère (serpentine) a dû être plus ou moins désagrégée ou broyée sous l'action de gaz hydrocarburés à haute pression, avec le concours de l'eau ou d'hydrocarbures liquides ;

3° Que le diamant a trouvé son carbone dans les hydrocarbures et qu'il a cristallisé, non dans les cheminées

---

(*) Le *blue ground* chauffé à la flamme d'une lampe devient de même complètement blanc. Ces deux faits prouvent incontestablement que la coloration vert-noirâtre de cette roche est due à la présence dans la pâte même d'un élément charbonneux abondant et très fin.

éruptives, mais au sein du magma formé par la roche broyée et imprégnée d'hydrocarbures;

4° Que la roche diamantifère est venue au jour en perçant les roches superjacentes, sous l'influence peut-être d'une pression de l'écorce terrestre, en tout cas avec intervention de gaz hydrocarburés à haute pression et à basse température;

5° Que les hydrocarbures ont imprégné la roche diamantifère actuelle (*blue-ground*), qui leur doit sa coloration noire, et que les hydrocarbures en excès se sont dégagés peu à peu en laissant comme des témoins de leur présence emprisonnés dans les cavités du *blue-ground* (explosions d'hydrocarbure);

6° Que le *yellow-ground* n'est que du *blue-ground* débarrassé de toute trace d'hydrocarbure, et que son foisonnement si considérable n'est dû qu'au dégagement du gaz qu'il contenait précédemment.

La théorie des gisements diamantifères que nous venons de donner, quoique présentant bien des points encore imparfaitement éclaircis, nous paraît la seule qui puisse correspondre à peu près à l'état actuel de nos connaissances.

Nous devons ajouter que M. de Chancourtois, dans sa conviction de l'influence des hydrocarbures sur la formation du diamant, nous avait, avant même notre départ pour le Cap, prévenus de la rencontre inévitable en profondeur des gaz hydrocarburés.

Les mines de diamant ou de roches diamantifères n'ont été reconnues, jusqu'à présent à notre connaissance, que groupées autour de la ligne allant de Kimberley à Fauresmith. Nous devons ajouter cependant que M. Dunn, le géologue bien connu de la colonie du Cap, croit avoir reconnu, dès 1871, l'existence de cinq cheminées analogues aux cheminées diamantifères près de Schietfontein (Carnavon). Ces cheminées n'ont pas encore été prospectées

jusqu'à présent et doivent être considérées comme douteuses.

§ 5. — **Tufs porphyriques.**

La roche diamantifère de la mine de Old de Beers se trouve recoupée par de véritables filons d'une fort belle roche à structure porphyrique.

Ces filons, au nombre de trois ou quatre, ont une épaisseur de $0^m,30$ à $0^m,40$ environ; en un point seulement, cette épaisseur atteint environ 3 mètres. Ces différents filons, loin d'avoir même direction, paraissent plutôt rayonner à partir d'un point central; ils còrrespondent suivant toute probabilité à un crevassement en étoile.

La roche du filon s'est fendue prismatiquement, et perpendiculairement aux parois des épontes. Au contact de la roche diamantifère, le filon est toujours recouvert d'une couche blanchâtre calcaire de quelques millimètres d'épaisseur. Le calcaire se rencontre aussi dans les fissures de la roche éruptive.

Les filons de porphyre de de Beers, quoique n'affectant pas une direction absolument rectiligne, sont d'une netteté parfaite.

La roche (échantillons 71 à 78) a une structure nettement porphyrique; sur le fond brun ou noir de la pâte tranchent des cristaux verdâtres ou rougeâtres.

La même roche a été rencontrée formant un amas ou filon très épais traversant les roches sédimentaires près de la mine de Kamfer's Dam. Elle a été recoupée par les travaux souterrains de cette mine.

Le porphyre traverse la roche diamantifère, il est donc postérieur à cette roche et, par conséquent, à toutes les roches éruptives que nous avons décrites.

Les porphyres sont rares dans l'Afrique du Sud. Il en existe cependant de reconnus au Transvaal, en particu-

lier dans les monts Piland, au nord de Rustenburg. Le porphyre a été reconnu aussi au delà du grand plateau granitique de Matébélé, près du Zambèze, et aussi à l'ouest du Transvaal, près d'Algoa-Bay. Ces derniers porphyres, contrairement à ceux de Kimberley, sont quartzifères.

CHAPITRE V.

ROCHES DE FORMATION CONTEMPORAINE.

Il ne nous reste plus, pour en avoir fini avec les roches de l'Afrique du Sud, qu'à parler de certains sables ou de certaines roches qui se forment encore de nos jours et sous nos yeux.

A. *Sable rouge.* — Le sable rouge (*red sand*) est très abondant sur tous les plateaux triasiques du centre, au sud du fleuve Orange et Griqualand-West.

Il est le produit de la décomposition de certaines diorites très grenues, généralement à structure tabulaire ou sphéroïdale. Il est soulevé et entraîné par le vent à de grandes distances. En bien des points, ce sable rouge s'est plus ou moins aggloméré sur une épaisseur de quelques pieds, et constitue ce qu'on appelle le *red soil* (sol rouge) ; il recouvre les roches sous-jacentes et augmente encore les difficultés des études géologiques. On ne le rencontre généralement que dans les parties du pays où dominent les éruptions dioritiques.

B. *Sables jaunes et noirs.* — Dans la République d'Orange, au nord du Sand-River, lorsque l'on monte sur les couches horizontales du grès quartzeux, on rencontre une épaisse formation de sables jaunes quartzeux pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur.

Ces sables ne sont qu'un produit de décomposition sur

place, plus ou moins remanié par le vent, des grès eux-mêmes. En certains points où ont lieu des infiltrations, les sables jaunes contiennent une forte proportion de matières organiques et constituent une terre sableuse noire souvent très épaisse. Cette terre noire, par suite d'une prédominance de matières organiques et de nombreux débris végétaux, passe parfois à une véritable matière tourbeuse et bitumineuse. La zone de la terre noire atteint un grand développement dans la partie nord de la République d'Orange surtout sur le plateau qui précède la descente à la rivière Vaal.

C. *Tufs calcaires.* — Les diorites grenues tabulaires, généralement très décomposées, qui couvrent une grande partie du sol, contiennent une forte proportion de carbonate de chaux.

Ce calcaire, dissous par les eaux pluviales, va se déposer dans les bas-fonds ou dans les *pans;* il atteint parfois une grande épaisseur (10 mètres et plus). Il contient de petits fragments de roches entraînés par les eaux, forme souvent une croûte de quelques pieds d'épaisseur au-dessus des roches dioritiques décomposées, et accompagne toujours le sable rouge ou *red soil.*

D. *Boues et eaux salées.* — Les eaux des *pans* sont toujours ou presque toujours salées. Le sel que ces eaux contiennent et qui cristallise pendant les chaleurs par suite de l'évaporation provient certainement des roches triasiques ou des roches éruptives. Les eaux qui filtrent à travers ces roches dissolvent une partie de la faible quantité des sels qu'elles peuvent contenir et qu'elles abandonnent ensuite au fond du *pan.*

Les argiles ou les boues argileuses qui forment souvent le fond des *pans* sont aussi généralement salées. Les terres argileuses, très compactes et très tendres, portent

souvent des empreintes parfaitement nettes des pieds des oiseaux qui viennent boire ou chercher des insectes. Peut-être est-ce dans les parties profondes de ces argiles qu'il faudrait chercher aujourd'hui des traces et des empreintes des animaux qui ont pu habiter et parcourir le centre de l'Afrique du Sud pendant les époques géologiques postérieures à la grande dénudation actuelle des terrains du Karoo.

Il a été souvent parlé d'un conglomérat glaciaire qui, suivant certains géologues, couvrirait de vastes contrées de l'Afrique du Sud, et notamment le plateau du Bushmanland ; nous nous abstiendrons de parler ici de cette formation, dont nous n'avons pu voir aucun indice dans nos voyages en Afrique, et sans nier son existence, contredite du reste par certains géologues, nous croyons jusqu'à nouvel ordre devoir réserver notre opinion sur ce sujet.

CHAPITRE VI.

CONSIDÉRATIONS GÉOLOGIQUES SUR L'AFRIQUE DU SUD.

L'Afrique du Sud nous offre le remarquable exemple d'un continent qui n'a pas été recouvert par les eaux depuis la période triasique.

Ses côtes seules depuis cette époque ont subi des mouvements lents et alternatifs d'abaissement et de relèvement de niveau qui les ont fait plonger pendant les périodes jurassiques et tertiaires sous la mer, d'où elles ont, depuis lors, complètement émergé.

A. *Soulèvement des schistes de Malmesburry.* — Les grands soulèvements géologiques dans l'Afrique du Sud se sont terminés après le dépôt des schistes anciens de Malmesburry, que l'on trouve relevés presque verticalement.

Entre le soulèvement des schistes de Malmesburry et les premiers dépôts siluriens et dévoniens, a dû s'écouler un temps considérable, pendant lequel s'est accomplie la dénudation des schistes métamorphiques et des schistes de Malmesburry. Nulle part, en effet, dans l'Afrique du Sud, les schistes anciens ne forment de massifs puissants. C'est tout au plus s'ils recouvrent le granite sur une faible épaisseur, et en bien des points même du grand plateau granitique de Matébélé il ne reste que des lambeaux de ces schistes, témoins isolés de leur existence autrefois générale.

B. *Absence de grand soulèvement depuis l'époque silurienne.* — Les quartzites siluriens de l'Afrique du Sud n'ont pas participé au soulèvement des schistes de Malmesburry. Ils sont horizontaux ou relevés sous des angles ne dépassant pas 15° à 20°, les dépôts dévoniens et carbonifères sont restés aussi horizontaux en bien des points de leur formation (Namaqualand, Natal, Cape-Town, Transvaal). Ils n'ont donc pas subi de grands mouvements de soulèvement général.

C. *Soulèvement partiel de la fin de la période carbonifère.* — A la fin de la période considérée comme carbonifère, mais qui n'est, en Afrique, que la prolongation de la période dévonienne, un soulèvement circulaire s'est produit dans le sud de l'Afrique australe.

Ce soulèvement a relevé les couches dévoniennes et carbonifères ; il a créé, dans le sud de la colonie du Cap, les chaînes de montagnes parallèles à la mer dont les débris existent encore aujourd'hui, et a déterminé ainsi la formation du grand bassin lacustre triasique de l'Afrique du Sud.

D. *Lac ou Mer triasique intérieure.* — Il a dû s'écouler peu de temps entre le soulèvement de l'époque car-

bonifère et les premiers dépôts lacustres. Les premières roches triasiques, en effet, diffèrent à peine des dépôts carbonifères, tant par leurs caractères lithologiques que par leurs fossiles, et, sans la discordance de stratification, la distinction que l'on a établie entre ces formations serait purement arbitraire.

Les dépôts triasiques se sont accumulés peu à peu au milieu du calme le plus parfait, dans une sorte d'immense mer intérieure entourée de tous côtés de montagnes dépassant 2.000 à 2.500 mètres de haut, formées des roches dévoniennes et carbonifères antérieurement soulevées ou des roches plus anciennes.

La mer intérieure triasique d'eau douce était alimentée par les eaux descendant de toutes parts de son périmètre montagneux. Ces eaux durent être généralement très peu profondes, comme le démontrent les restes de reptiles, les nombreux débris de végétaux fossiles, les zones à forêts (troncs d'arbres verticaux) et les couches de houille.

Par suite même de la continuité des dépôts, le fond du bassin et le niveau lui-même de la mer intérieure s'élevèrent peu à peu, jusqu'au moment où les eaux, trouvant un écoulement par un ou plusieurs cols du périmètre montagneux, commencèrent à se déverser au dehors.

A partir de ce moment le dépôt des couches triasiques de l'Afrique du Sud fut terminé : leur épaisseur dépassait 2.500 mètres (Mont aux Sources).

E. *Dénudation du centre de l'Afrique du Sud.* — Les eaux du périmètre montagneux se creusèrent des lits et des vallées de plus en plus profonds dans les dépôts mêmes du bassin en entraînant en dehors des côtes actuelles de l'Afrique du Sud, dans les mers de cette époque, les débris des dépôts meubles et tendres qu'elles recoupaient.

La partie de ces débris qui fut entraînée par le grand fleuve géologique ancien qui débouchait à l'est du Cap des Tempêtes, et qui correspondait au Gauritz actuel, a formé l'immense banc sous-marin connu aujourd'hui sous le nom de banc d'Agulhas.

Le centre du ravinement des eaux du bassin triasique s'accentua peu à peu et devint ce qui est aujourd'hui la chaîne du Drakensberg et le mont aux Sources.

Les dénudations accomplies par les eaux dans l'Afrique du Sud ont été gigantesques : 2.000 mètres environ de terrain ont été non seulement enlevés presque partout dans le bassin triasique, mais encore les immenses masses montagneuses qui encaissaient primitivement ce bassin ont été arrachées et entraînées sur plus de 1.500 mètres de hauteur.

F. *Affaissement de la partie orientale du bassin triasique sous les mers jurassiques.* — Le bassin actuel des Karoos n'est plus qu'une partie de l'ancien bassin primitif qui se poursuivait à l'Est et au N. E. sous les profondeurs de l'Océan Indien, comme cela nous est démontré par la brusque inclinaison des couches triasiques tout le long des côtes de cet océan.

G. *Fin des grandes dénudations avant l'époque jurassique. — Mers jurassique et tertiaire.* — Les grandes dénudations du centre sud-africain se sont produites relativement vite, puisqu'elles étaient terminées ou presque terminées pendant l'époque jurassique. Ce fait nous est démontré d'une façon absolue par la présence continue des dépôts jurassiques de l'oolithe dans la vallée géologique de la rivière Sonday jusqu'à la rencontre du terrain triasique.

Ce terrain, au point où il a été recouvert par la mer jurassique à une hauteur de 5 à 600 mètres au-dessus du

niveau actuel de la mer, correspond à la surface dénudée du grand Karoo d'aujourd'hui. Ce fait nous démontre aussi que la mer jurassique, qui pénétrait dans les vallées des rivières Sonday et Gauritz comme dans des golfes profonds, avait, par rapport aux côtes actuelles de l'Afrique du Sud, un niveau plus élevé de 5 à 600 mètres.

L'Afrique du Sud a eu sa côte S. E. recouverte aussi par les mers pliocènes ; mais, par suite du relèvement de la partie de cette côte, commencé dès l'époque jurassique, la mer tertiaire avait un niveau relatif qui dépassait tout au plus de 150 mètres le niveau des rivages actuels. Ce relèvement des côtes est démontré par l'inclinaison de 8° à 9° vers le N. E. que possèdent les couches jurassiques et triasiques de la partie S. E. de la colonie du Cap.

Pendant la longue durée des époques jurassique, crétacée et tertiaire, la vie végétale et animale a dû certainement se poursuivre sans interruption dans le centre sud-africain, dans un paysage à peu près analogue au paysage actuel. Malheureusement les restes fossiles déposés sur le sol des Karoos ont été dispersés et détruits. Ce n'est que dans les dépôts qui se sont produits à la surface du sol, par conséquent dans les calcaires tufacés et dans les boues argileuses du fond des *pans*, que l'on peut avoir quelque chance de les rencontrer.

H. *Causes des faibles bouleversements géologiques de l'Afrique du Sud.* — Si l'Afrique du Sud a été peu soulevée et peu bouleversée, cela tient à ce que les grandes éruptions dont elle a été le siège, au lieu de concentrer leur action, l'ont dispersée sur une infinité de points souvent très éloignés les uns des autres.

Les grandes éruptions des mélaphyres qui, commencées vers la fin de l'époque dévonienne, se sont continuées jusqu'à la fin de l'époque triasique, ont amené successi-

vement au jour d'immenses et puissantes nappes de roches dont la venue n'a entraîné aucune perturbation géologique.

Les éruptions dioritiques, certainement postérieures à la grande dénudation, mais qui sont peut-être contemporaines de l'époque jurassique ou crétacée, ont recoupé le sol de l'Afrique du Sud d'une infinité de filons ou d'éruptions isolées. Elles n'ont eu aucune action sur le relief général et n'ont entraîné, elles non plus, aucune perturbation géologique.

Quant aux roches diamantifères si célèbres aujourd'hui, leur importance géologique, au point de vue général, est tellement insignifiante, qu'elles seraient encore certainement inconnues si le hasard n'y avait pas fait découvrir la présence de la plus belle et de la plus rare des pierres précieuses.

DEUXIÈME PARTIE (*).

MINES DE DIAMANTS.

CHAPITRE I.

PRODUCTION, RICHESSE ET IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTES MINES.

§ 1. — **Production.**

D'après la statistique officielle du gouvernement de la Colonie du Cap, la production des quatre principales

(*) Outre les renseignements personnels que nous possédons, nous avons, pour la rédaction de la seconde partie de ce Mé-

mines de diamants de l'Afrique du Sud (Kimberley, Old de Beers, Dutoit's Pan et Bultfontein) s'est élevée, du 1er septembre 1882 au 1er septembre 1884, à :

NOMS DES MINES.	NOMBRE de carats.	VALEUR en livres sterling.	VALEUR en francs.
Kimberley.	1.713.463	1.687.289	42.182.225
De Beers.	877.166	970.032	24.250.800
Dutoit's Pan.	943.494	1.416.041	35.401.025
Bultfontein	1.010.011	1.074.442	26.861.050
Total.	4.544.134	5.147.804	128.695.100

soit, pour deux ans, plus de 4 millions et demi de carats, correspondant à plus de 5 millions de livres sterling ou, exactement, à 128.695.100 fr. La production annuelle, malgré les difficultés de toute nature qu'a rencontrées l'exploitation des mines et le bas prix des diamants, a donc atteint, ces deux dernières années, environ 2.250.000 carats, soit un peu plus de 450 kilog. de diamants valant environ 64.300.000 francs.

Depuis 1871, époque où furent découvertes les mines, la production annuelle a dû correspondre à peu près, en moyenne, aux chiffres que nous venons de citer. En admettant ces chiffres, on trouve que, de 1871 à 1885, la production des mines de diamants du Cap a dû monter à environ 31.000.000 carats, correspondant à une valeur d'au moins 900.000.000 francs. Si nous tenons compte, en outre de la baisse considérable qu'a subi le prix du diamant depuis 1871, nous croyons pouvoir affirmer que le chiffre de la production comme valeur a certainement dépassé 1 milliard.

---

moire, utilisé de nombreux renseignements statistiques provenant des rapports des deux inspecteurs des mines du Griqualand West pour 1882-1883, les rapports d'assemblée générale et les bilans de nombreuses compagnies, les publications faites mensuellement par le *Detective Department* de Kimberley de la production en diamants des quatre mines, etc., etc.

Les 31.000.000 de carats produits correspondent en poids à plus de 6 tonnes de diamants bruts (*).

Tout ce que nous pourrions ajouter sur la richesse des mines du Cap, ne serait plus rien en comparaison de ces chiffres.

§ 2.—Richesse et importance relatives actuelles des mines de diamants du Cap.

Les mines de diamants du Cap ayant été réellement exploitées jusqu'à présent sur une échelle plus ou moins grande sont, en dehors des gisements de la Rivière dont nous parlerons à la fin de ce mémoire, les mines de Kimberley, de Beers, Dutoit's Pan et Bultfontein dans le Griqualand-West, toutes situées dans un cercle de 1/2 lieue de rayon, et la mine de Jagersfontein, située près de Fauresmith, dans la république d'Orange. Toutes les autres mines, dont nous avons cité les noms dans la partie géologique, n'ont pas été jusqu'à présent exploitées ni même sérieusement prospectées.

La richesse proprement dite d'une mine, et en particulier des mines de diamants du Cap, dépend de deux éléments, la teneur du minerai, c'est-à-dire le nombre de carats au *load* (**) ou au mètre cube, et la qualité ou va-

---

(*) On peut aussi se rendre compte de la production en diamants, depuis la découverte de la mine de Kimberley, de la manière suivante : en décembre 1882, on avait extrait de la seule mine de Kimberley environ 5.000.000 mètres cubes de minerai, qui, à 150 francs de valeur moyenne actuelle, représentent 750.000.000 francs. Si, à ce chiffre, nous ajoutons la production de Kimberley depuis 1882 et celles des autres mines depuis 1881, époque du commencement de leur exploitation régulière, nous arrivons à un chiffre dépassant certainement 1 milliard.

(**) Le *load*, unité de mesure toujours employée à Kimberley, est le chargement d'un wagonnet d'une contenance de 16 pieds cubiques. 3 loads 1/2 de minerai font environ 1 mètre cube de minerai en place.

leur marchande du produit, c'est-à-dire du carat de diamant.

A. *Valeur relative du diamant des différentes mines du Cap.* — Au point de vue de la qualité du produit, les cinq mines qui nous occupent en ce moment doivent être rangées dans l'ordre suivant :

NOMS DES MINES.	VALEUR MOYENNE du carat de diamant pendant dix-huit mois.
1°) Jagersfontein	?
2°) Dutoit's Pan.	35f,79
3°) Bultfontein	26 ,78
4°) De Beers.	26 ,69
5°) Kimberley.	24 ,46

Nous croyons pouvoir ajouter, en outre, que le diamant des mines de Dutoit's Pan et de Bultfontein a, depuis deux ou trois ans, une tendance à une amélioration de qualité plus marquée que le diamant de Kimberley et de de Beers.

B. *Teneur et richesse du minerai de la mine de Kimberley.* — Dès l'époque de sa découverte, en 1871, la mine de Kimberley a été très riche, aussi riche à peu de chose près qu'aujourd'hui; son exploitation a même fait abandonner, jusqu'en 1880, celles des quatre autres mines pourtant découvertes avant elles.

Nous manquons absolument de renseignements statistiques officiels quelconques sur la mine de Kimberley jusqu'en 1883, mais, nous appuyant tant sur notre expérience personnelle que sur les nombreux renseignements que nous avons pu recueillir de différents côtés, nous croyons pouvoir dire que la teneur de la mine de Kimberley a dû être toujours jusqu'à aujourd'hui sensiblement constante.

Nous donnons ci-dessous les teneurs en diamants de

certaines compagnies de la mine de Kimberley telles qu'elles résultent des bilans de ces dernières années:

NOMS des compagnies.		TENEUR aux 100 loads (carats).	TENEUR au mètre cube de minerai en place (carats).
Cie Centrale.	1881.	205	7,17
	1882.	134	4,69
	1883.	155	5,42
	1884.	125	4,37
British Co.	1881.	180	6,30
	1882.	169	5,91
	1883.	205	7,17
Gem Co.	1883.	150	5,25
Cie Française.	1881.	93,8	3,28
	1882.	113,9	3,98
	1883.	121	4,23
	1884.	116	4,06
Standard Co.	1881.	130	4,55
	1882.	87	3,04
	1884.	146	5,11
Barnato Co.	1881.	176	6,16
	1882.	138	4,83
South East Co.	1883.	100	3,50

La moyenne des chiffres que nous venons de donner est de 144 carats environ aux 100 *loads* ou 5,04 carats par mètre cube de minerai en place.

Les compagnies dont nous avons cité la teneur sont les plus riches de la mine de Kimberley; nous estimons, si nous tenons compte de certaines compagnies non citées plus haut, que la partie exploitable de la mine de Kimberley a une teneur un peu moins élevée, soit environ 130 carats aux 100 *loads* ou 4,55 carats par mètre cube de roche en place. Si nous tenons compte, en outre, de la partie de la mine de Kimberley (*west-end*) dont l'exploitation a dû être abandonnée pour insuffisance de teneur, nous croyons pouvoir dire que la teneur générale moyenne de toute la mine de Kimberley est d'environ 120 carats

aux 100 *loads*, ou 4,20 carats par mètre cube de minerai en place.

Au prix actuel moyen très bas de 24f,46 le carat, on voit que la mine de Kimberley, sans tenir compte de sa partie pauvre et inexploitée (*west-end*), contient aux 100 *loads* 130 carats, valant 3.179 francs, et au mètre cube de roche en place, 4,55 carats, valant 113f,74.

Un approfondissement général de 1 mètre dans la mine de Kimberley, quoique cette mine ne contienne plus que 260 à 270 *claims*, correspond à une production en diamants de 2.200.000 fr. environ, aux prix actuels.

C. *Teneur et richesse du minerai de la mine de de Beers.* — La mine de de Beers, découverte en 1870, a vu son exploitation s'arrêter presque complètement en 1871, à l'époque de la découverte de la mine de Kimberley. L'exploitation de cette mine n'a été réellement reprise qu'en 1880, à l'époque de la mise de la mine en compagnies.

Pauvre, très pauvre même au début, la mine de de Beers s'est considérablement enrichie en profondeur. Quoique nous n'ayons aucun renseignement officiel antérieur à 1883, nous croyons pouvoir affirmer cependant que la teneur de la mine de de Beers n'a guère dépassé, au début, 10 à 15 carats aux 100 *loads*. Cette teneur s'est accrue rapidement, et aujourd'hui elle atteint environ 100 carats aux 100 *loads* pour le niveau de 300 à 400 pieds.

Certaines compagnies, telles que la V*** C° et la U*** C°, qui exploitaient à ciel ouvert des terrains très pauvres vers le niveau de 210 pieds, se sont décidées, en présence des résultats que donnait chez les compagnies voisines l'exploitation à ciel ouvert du niveau de 300 à 400 pieds, à faire des travaux de recherches souterrains, et elles ont trouvé tout récemment de 100 à 130 carats aux 100 *loads* au niveau de 400 pieds.

Nous donnons ci-dessous les teneurs en diamants du minerai de quelques compagnies de de Beers telles qu'elles résultent des bilans de ces compagnies :

NOMS des compagnies.		TENEUR aux 100 loads (carats).	TENEUR au mètre cube de minerai en place (carats).
De Beers Mining C°.	1882	89,9	3,14
	1883	93.8	3,28
Schwab's Gully C°.	1er trim. 1882. .	88,7	3,10
	3e — — . .	88,4	3,09
	4e — — . .	76,3	2,67
	1er — 1883. .		
	2e — — . .	92,5	3,24
	3e — — . .	100,5	3,52
	4e — — . .	89,2	3,12
	1er — 1884. .	70,0	2,45
	3e — — . .	94,6	3,31
Cie Elma.	1883	36,6	1,28
	1er sem. 1884. .	63,3	2,21
	2e — environ	100,0	3,50

Nous avons, quant à nous, la conviction absolue que la mine de de Beers contient presque partout, vers le niveau de 350 pieds, environ de 90 à 130 carats aux 100 *loads*, et sans pouvoir donner une teneur moyenne exacte pour le moment, à cause des parties pauvres inexploitées, nous croyons cependant que le chiffre de 90 carats aux 100 *loads*, ou 3,15 carats par mètre cube de minerai en place, peut être accepté comme teneur moyenne de la mine de de Beers.

Au prix actuel de 26f,69 le carat, on voit que la mine de de Beers, sans tenir compte de certaines parties hautes et inexploitées, contient, aux 100 *loads*, 90 carats, valant 2.402 fr., et au mètre cube de roche en place 3,15 carats valant 84f,07. Un approfondissement général de 1 mètre dans la mine de de Beers, cette mine contenant environ

600 *claims*, correspond à une production en diamants de 3.825.000 fr. aux prix actuels.

D. *Teneur et richesse du minerai de la mine de Bultfontein.* — La mine de Bultfontein n'est entrée en exploitation sérieuse qu'en 1880. Depuis cette époque, l'exploitation de cette mine a été assez régulière dans son ensemble.

Malgré l'absence pour Bultfontein de tout renseignement officiel antérieur à 1883, nous croyons pouvoir affirmer cependant que la teneur de la mine de Bultfontein n'a guère dépassé 8 à 12 carats aux 100 *loads*. Cette teneur a augmenté très rapidement et très régulièrement ; elle est aujourd'hui, au niveau d'exploitation actuel (environ 200 pieds), de 30 à 35 carats aux 100 *loads*.

Nous donnons ci-dessous les teneurs du minerai de quelques compagnies de Bultfontein extraites des bilans de ces compagnies :

NOMS des compagnies.		TENEUR aux 100 loads (carats).	TENEUR au mètre cube de minerai en place (carats).
Cie Franco-Africaine.	2e sem. 1881. .	16,1	0,56
	1er — 1882. .	18,0	0,63
	2e — — . .	21,67	0,76
	Année 1883. .	30,0	1,05
	1er sem. 1884. .	28,0	0,88
	2e — — . .	28,0	0,88
Cie French and d'Esterre.	2e sem. 1881. .	24,6	0,86
	1er — 1882. .	27,0	0,94
	1er — 1883. .	31,5	1,10
	2e — — . .	36,3	1,27
	1er — 1884. .	34,8	1,22
Cie Pullinger.	1883	28,0	0,98
Cie Aegis.	2e trim. 1881. .	25,0	0,87

D'après le rapport officiel de l'inspecteur de la mine de Bultfontein, il aurait été extrait de cette mine, en 1883,

1.893.792 *loads* de minerai, ayant produit 435.568,5 carats, ce qui correspond en moyenne à 27 carats aux 100 *loads* environ.

Nous croyons que ce chiffre de 27 carats aux 100 *loads*, très exact pour 1883, doit être à présent légèrement augmenté, et que la teneur moyenne actuelle peut être regardée comme étant environ de 30 carats aux 100 *loads*, ou 1,05 carat par mètre cube de roche en place. Au prix actuel de 26f,78 le carat, on voit que la mine de Bultfontein donne aujourd'hui, en moyenne, aux 100 *loads*, 30 carats, valant 803 francs, et, au mètre cube de roche en place, 1,05 carat, valant 28f,12. Un approfondissement général de 1 mètre dans la mine de Bultfontein, cette mine contenant environ 1.050 *claims*, correspond à une production en diamants de 2.210.000 francs aux prix actuels.

E. *Teneur et richesse du minerai de la mine de Dutoit's Pan.* — La mine de Dutoit's Pan n'est entrée en exploitation régulière qu'en 1880. Depuis cette époque, l'exploitation de cette mine a été assez régulière dans son ensemble. La mine de Dutoit's Pan n'a pas été à ses débuts plus riche que les deux mines de de Beers et Bultfontein, et nous ne croyons pas que sa teneur primitive ait dépassé 6 à 10 carats aux 100 *loads;* mais sa teneur a augmenté rapidement en profondeur, et elle est aujourd'hui comprise, suivant le niveau de l'exploitation des différentes compagnies, entre 15 et 35 carats aux 100 *loads.*

La mine de Dutoit's Pan paraît présenter ce fait particulier d'horizons ou de couches horizontales de minerai ayant partout ou presque partout la même teneur. C'est ainsi, par exemple, que toutes les compagnies, pour ainsi dire, ont rencontré au niveau de 175 pieds un minerai dont la teneur est comprise entre 17 et 20 carats.

A Dutoit's Pan comme à Bultfontein, comme à de Beers, plus profonde est l'exploitation à ciel ouvert, plus élevée est la teneur d'une façon générale. A partir du niveau de 175 pieds, la teneur paraît augmenter très rapidement avec la profondeur. Une compagnie, la Cie G*** vient d'entreprendre tout récemment des travaux de recherche souterrains qui paraissent jusqu'à présent confirmer le fait d'un enrichissement croissant et rapide en profondeur.

Quant à nous, nous croyons personnellement à un enrichissement très rapide des deux mines de Dutoit's-Pan et de Bultfontein, dont la richesse a déjà plus que doublé et même triplé ; et nous serions fort disposés à admettre que les mines dont nous parlons se trouveront, aux niveaux de 350 à 400 pieds, presque aussi riches que leurs voisines Kimberley et de Beers. En tout cas, l'éveil est aujourd'hui donné, et la question de l'enrichissement sera certainement tranchée à bref délai par les travaux souterrains qui sont déjà ou vont être entrepris.

Nous donnons ci-dessous les teneurs du minerai de quelques compagnies de Dutoit's Pan :

NOMS des compagnies.		TENEUR aux 100 loads (carats).	TENEUR. au mètre cube de minerai en place (carats).
Cie Anglo-Africaine.	1er sem. 1881. .	24,0	0,84
	Année 1882. .	21,3	0,74
	— 1883. .	31,6	1,11
Cie Griqualand West.	Année 1882. .	18,8	0,65
	4e trim. 1883. .	15,5	0,54
	1er — 1884. .	18,8	0,66
	2e — — . .	17,4	0,61
	3e — — . .	23,5	0,82
Cie Britannia.	2e sem. 1883. .	24,9	0,87
	1er — 1884. .		
Cie European.	1er sem. 1883. .	21,6	0,76
	2e — — . .	26,2	0,92

Cie Générale.	2e sem. 1882. . / 1er — 1883. .	8,73	0,31
	2e — — . . / 1er — 1884. .	10,82	0,38
	2e — — . .	12,83	0,45
	1er trim. 1885 .	18,00	0,63

D'après le rapport officiel de l'inspecteur de la mine de Dutoit's Pan, il aurait été extrait de cette mine, en 1883, 2.103.437 *loads* de minerai, ayant produit 502.029 carats, ce qui correspond en moyenne à 24 carats aux 100 *loads*.

Nous croyons que ce chiffre de 24 carats aux 100 *loads* donné par l'inspecteur des mines était, pour 1883, un peu supérieur à la réalité, et que même encore aujourd'hui, le chiffre de 22 carats aux 100 *loads* ou 0,77 carat au mètre cube de roche en place se rapproche davantage de la vérité.

Au prix actuel de 35f,79 le carat de diamant de la mine de Dutoit's Pan, cette mine donne en moyenne, aux 100 *loads*, 22 carats valant 786 francs et au mètre cube de roche en place 0,77 carat valant 27f,56. Un approfondissement général de 1 mètre dans la mine de Dutoit's Pan, cette mine contenant environ 1.500 *claims*, correspond à une production en diamants de 3.160.000 fr. aux prix actuels du diamant.

F. *Teneur et richesse du minerai de la mine de Jagersfontein et des autres mines.* — La mine de Jagersfontein possède des diamants d'une beauté exceptionnelle; elle a été ouverte à l'exploitation en 1880, mais elle est aujourd'hui presque complètement abandonnée de nouveau. Nous ne pouvons guère, faute de renseignements précis, donner une appréciation suffisamment exacte sur la teneur du minerai de cette mine, mais nous croyons ne pas être loin de la vérité en l'estimant de 3 à 10 carats aux 100 *loads*.

Toutes les autres mines, que l'on a à peine tenté d'exploiter ou de prospecter jusqu'à présent, ont accusé une faible teneur en diamants, ne dépassant pas quelques carats aux 100 *loads*.

G. *Richesse relative des quatre mines.* — En résumé, d'après ce qui vient d'être exposé pour chacune des mines en particulier, nous voyons que les quatre principales mines de diamants du Cap peuvent, au point de vue de la teneur, être rangées dans l'ordre suivant :

NOMS DES MINES.	TENEUR aux 100 loads (carats).	TENEUR au mètre cube de minerai en place (carats).
Kimberley.	130	4,55
De Beers.	90	3,15
Bultfontein	30	1,05
Dutoit's Pan.	22	0,77

Au point de vue de la valeur des 100 *loads*, les quatre mines peuvent être rangées dans l'ordre suivant :

NOMS DES MINES.	VALEUR en francs des 100 loads.
1°) Kimberley.	3.179 fr.
2°) De Beers.	2.402
3°) Bultfontein	803
4°) Dutoit's Pan.	786

H. *Importance relative des quatre mines.* — L'importance théorique relative d'une mine dépend de deux éléments principaux : la puissance du gisement et la richesse de ce gisement. Au point de vue pratique, l'importance d'une mine dépend de la production réelle de cette mine. A ces deux points de vue, les quatre mines de diamants du Cap peuvent se ranger actuellement dans l'ordre suivant :

NOMS DES MINES.	VALEUR du diamant correspondant à 1 mètre d'approfondissement.
1°) De Beers.	3.825.000 fr.
2°) Dutoit's Pan.	3.160.000
3°) Bultfontein	2.210.000
4°) Kimberley.	2.200.000

NOMS DES MINES.	PRODUCTION en francs pendant deux ans.
1°) Kimberley.	42.182.225 fr.
2°) Dutoit's Pan.	35.401.025
3°) Bultfontein	26.861.050
4°) De Beers.	24.250.800

Quant à la valeur d'une mine, elle dépend non seulement de la richesse, de la puissance du gisement, mais encore de la facilité d'exploitation, du prix de revient et, en outre, dans le cas particulier qui nous occupe, de l'effet qu'a sur le prix du produit l'influence d'une production plus ou moins grande. Nous reviendrons sur cette question de la valeur quand nous aurons traité de l'exploitation et du prix de revient dans chaque mine.

CHAPITRE II.

HISTORIQUE.

A. *Découverte des mines du Cap*. — Le premier diamant fut trouvé dans l'Afrique du Sud en 1867, sur la ferme d'un boër située sur le fleuve Orange à 12 lieues à l'ouest de la petite ville de Hope-Town. Un trafiquant, O'Reilly, vit dans un de ses voyages, sur les terres de cette ferme, des enfants jouer avec un caillou extrêmement brillant, qu'il demanda et obtint sans la moindre difficulté. Ce caillou fut reconnu par le docteur Atherstone pour un diamant et vendu au gouverneur de la

colonie du Cap pour 12.500 francs. O'Reilly retourna chez le boër et y trouva un second diamant, qu'il vendit au même gouverneur pour 5.000 francs.

Les fermiers des bords de l'Orange-River mirent alors en recherche les indigènes qui, en quelques semaines, découvrirent 10 autres diamants ; de recherche en recherche, on arriva jusque sur les bords du Vaal-River, affluent du fleuve Orange, où les fouilles furent commencées dans le courant de l'année 1868. C'est vers cette époque que fut trouvée, dit-on, la fameuse *Étoile du Sud*, du poids de 83,5 carats, qui fut vendue 287.500 francs aux fameux joailliers anglais Hunt and C°.

A partir de ce moment, la nouvelle de la découverte d'un nouvel Eldorado se répandit dans toute la Colonie du Cap, et des milliers de chercheurs de diamants commencèrent à se diriger de toutes parts vers le district diamantifère.

On s'était contenté tout d'abord d'explorer la surface du sol ou certains coins de la rivière. En 1869, on commença à fouiller résolument le terrain des collines qui bordaient la rivière Vaal, et tant à Pniel qu'à Klip-Drift, les deux principaux centres des fouilles, la population blanche montait déjà à 9.000 hommes. Dans le courant de l'année 1870, le gouvernement britannique vient planter le drapeau anglais à Pniel et annexer ce nouveau territoire à la Couronne.

En décembre 1870, un mineur, faisant un tour par le pays, s'arrêta sur la ferme de Dutoit's Pan, à 11 lieues de Pniel, et y découvrit par hasard 82 petits diamants entre les mains des enfants du fermier. Ses recherches lui firent découvrir que le sol lui-même sur lequel était bâtie la maison contenait des diamants. Cette découverte, qui ne fut pas longtemps gardée secrète, fut le signal d'une véritable invasion à Dutoit's Pan. Tous les chercheurs plus ou moins malheureux de Pniel, Klip-Drift, etc.,

coururent en ce lieu, où, dès 1871, s'élevait une véritable ville de tentes avec hôtels, églises, journaux, etc. Le malheureux fermier hollandais, débordé de tous côtés par une population de plusieurs milliers de personnes, qui étaient venues camper chez lui et fouiller son propre terrain sans permission, vendit son droit de propriété à la *London and South African exploration* C^y^, pour le prix minime de 125.000 francs.

Vers le commencement de 1871, on reconnut l'existence des deux mines de Bultfontein et de de Beers; enfin, dans le mois de juillet de la même année, un hasard fit découvrir la célèbre mine de Kimberley.

On ne saurait, d'après les témoignages des premiers exploitants, se faire une idée de l'immense quantité de diamants qui fut fournie, dès le commencement, par cette seule mine. En quelques semaines, une ville nouvelle fut créée et 4.000 à 5.000 mineurs fouillaient la nouvelle mine avec acharnement. Beaucoup des premiers travailleurs firent fortune en moins d'un mois : l'un d'eux trouva en 15 jours pour plus de 250.000 francs de diamants.

Dès l'origine, les mines de diamants, d'un commun accord entre les travailleurs, avaient été divisées en concessions ou *claims* de 31 pieds sur 31 pieds, par des lignes parallèles et perpendiculaires. En 1872, certains *claims* de la mine de Kimberley atteignaient déjà une valeur commerciale de 3.000 à 100.000 francs.

Dès 1872, la mine de Kimberley (*New-Rush*, *Colesberg-Kopye*) avait acquis une telle prépondérance que toutes les autres mines se trouvaient pour ainsi dire abandonnées et elles sont restées dans cet état jusqu'en 1880. En 1871, la ville de Kimberley comptait une population de 30.000 personnes, tant blanches que noires. Les fermes de Dutoit's Pan, Bultfontein, Voruitzigt, sur lesquelles se trouvaient les mines de diamants, appartenaient, à

l'époque de la découverte des mines, à la République d'Orange, qui y avait envoyé un magistrat. Le 7 novembre 1871, des policemen anglais vinrent de Pniel à Kimberley, abattirent le drapeau de la République d'Orange, firent hisser à sa place le drapeau anglais, et annexèrent ce nouveau territoire, le plus riche et le plus productif de toute l'Afrique du Sud, à la Couronne britannique.

B. *Première phase d'exploitation de la mine de Kimberley.* — Qui eût vu la mine de Kimberley à l'époque de sa découverte, en 1871, ne l'aurait guère reconnue en 1873. A cette époque, presque tous les *claims* étaient déjà creusés sur 30 mètres de profondeur; les 10 ou 12 routes parallèles, primitivement laissées entre chaque ligne de *claims* pour le passage des charrettes, s'étaient effondrées, et la mine ressemblait ainsi à un véritable cratère de volcan. Les *claims*, travaillés séparément par des milliers de mineurs à des niveaux différents, formaient un pêle-mêle bizarre de terrasses, de tours, de murailles, au milieu desquelles se démenait fiévreusement une population de 12.000 travailleurs (Weber).

Vers la fin de 1874, les premières difficultés dans l'exploitation coïncidant avec une baisse considérable du diamant, qui ne s'était pas encore créé les nouveaux débouchés qu'il a trouvés depuis, déterminèrent à Kimberley une crise minière intense. A cette époque, on comptait à Kimberley 393 *claims*, taxés officiellement à 11.000.000 francs; mais sur ces 393 *claims*, 80 seulement pouvaient être exploités isolément; les autres *claims* allaient fatalement se grouper entre les mains de quelques spéculateurs pour pouvoir continuer à être travaillés. On peut considérer que c'est avec la fin de 1874 qu'a fini la première phase d'exploitation de la mine de Kimberley.

Cette première phase a correspondu, dans son en-

semble, à un prix très élevé du diamant, à une très grande facilité dans le travail des terres diamantifères, à une absence complète de premiers capitaux, à un morcellement extrême de la propriété minière. Les propriétaires de *claims*, dont le nombre dépassa pour la seule mine de Kimberley 1.800, ne possédaient souvent que 1/5 de *claim*, parfois 1/8. Pendant toute cette période, le travail fut réduit aux moyens les plus élémentaires.

L'abatage du minerai (*yellow ground*), pourri et décomposé dans la mine même, se faisait à la pioche; le transport du fond de la mine à la surface du sol se faisait à dos d'homme ou par charrette.

Le manque d'eau étant absolu à cette époque, et le *yellow ground* se réduisant de suite en sable fin, la recherche du diamant consistait en un simple triage à la main fait sur le bord même de la mine. Toutes les terres provenant de ces triages s'accumulèrent sur place et surélevèrent la surface du sol tout autour de la mine d'une hauteur de 7 à 8 mètres. L'imprévoyance la plus complète, au point de vue de l'avenir, a dominé pendant cette première période. Le *digger*, ou mineur isolé, ne pensant qu'à faire rapidement fortune, et n'ayant pas la pensée du lendemain, n'avait qu'un but, travailler rapidement et à aussi peu de frais que possible; aussi avait-il approfondi la mine de Kimberley en exploitant surtout les *claims* contre le *reef*, ce qui, joint au poids des débris accumulés sur le bord de la mine, détermina les premières chutes de *reef*, qui, depuis, se sont succédées sans interruption jusqu'à aujourd'hui.

De 1871 à 1875, la propriété minière atteignit à Kimberley une haute valeur, et il ne fut pas rare de voir vendre de bons *claims* sur le pied de 250.000 francs.

C. *Deuxième phase d'exploitation de la mine de Kimberley.* — Les premières chutes de *reef*, la découverte

du *blue ground*, remplaçant le *yellow ground*, et l'utilisation pour la mine des capitaux créés par les exploitations précédentes, caractérisent la seconde période de la mine de Kimberley.

La dureté relative du *blue ground* entraîna l'abatage à la dynamite et obligea l'exploitant à déposer sur le sol (*floors*) (*), souvent pendant plusieurs mois, le minerai pour le laisser se pourrir et se décomposer.

Le transport du minerai du fond de la mine à la surface étant devenu impossible par suite de l'approfondissement, on dut employer les procédés mécaniques d'extraction. On se contenta tout d'abord de seaux en peau, contenant quelques litres de minerai, roulant sur des câbles en fils de fer tendus entre le fond de la mine et la surface du sol. Ces seaux étaient montés au moyen de systèmes de poulies mues par des nègres.

Les appareils d'extraction de cette nature étaient, à un moment donné, tellement nombreux, que la mine toute entière paraissait comme recouverte d'une gigantesque toile d'araignée formée par les innombrables petits câbles métalliques en usage.

Quelques mineurs commencèrent bientôt à remplacer les poulies par des manèges à chevaux; les seaux furent faits en tôle, augmentèrent de dimension et continrent quelques pieds cubes de minerai.

On vit, à l'époque dont nous parlons, introduire le premier type régulier d'extraction mécanique : ce fut le tramway sur plan incliné avec machine à vapeur qu'installa M. Hall, dans la partie ouest de la mine.

L'impossibilité où l'on se trouva de trier à sec le *blue*

(*) On désigne, à Kimberley, sous le nom de *floors* les immenses espaces de terrains réservés tout autour et à une certaine distance des mines pour recevoir le minerai pendant sa décomposition et son pourrissage.

ground, même décomposé après son séjour sur le *floor*, amena l'invention et l'emploi forcé des premières machines à laver, qui furent tout d'abord de très petite dimension et généralement mues à la main.

La nécessité d'avoir de l'eau pour les machines à laver entraîna le creusement de nombreux puits sur les *floors*.

La nécessité d'espacer les puits pour avoir de l'eau, détermina l'accroissement de grandeur des *floors* et par suite leur éloignement de plus en plus grand de la mine. Cet éloignement des *floors* de la mine fit adopter forcément des moyens de transport moins primitifs et moins coûteux que la charrette, c'est-à-dire des tramways à traction de chevaux.

La seconde période de l'industrie minière à Kimberley fut ainsi caractérisée par un bas prix relatif du diamant, par la création d'un premier matériel d'extraction, de transport, de lavage, encore assez primitif, il est vrai, par une concentration de la propriété minière et par un commencement de l'esprit de spéculation.

D'après les renseignements que nous avons pu nous procurer, cette seconde période a duré jusqu'à 1877. La production pendant toute sa durée fut faible, le prix des *claims* très bas, et le nombre des propriétaires fut réduit à moins de 400.

D. *Troisième phase d'exploitation de la mine de Kimberley.* — La troisième phase de la mine de Kimberley, qui a duré jusqu'en 1880, a surtout été caractérisée par la question du *reef* et l'introduction des moyens mécaniques puissants. C'est pendant cette période que l'industrie minière, dans son véritable sens technique, a commencé à Kimberley.

La profondeur de plus en plus grande de la mine, qui atteignait 90 mètres en 1880, la nécessité d'enlever par moments de grandes quantités de *reef* éboulées sur les

claims, fit adopter le système d'extraction, encore employé aujourd'hui, par *tubs* roulant sur des câbles en fil de fer avec l'emploi de machines à vapeur comme moteur.

Les voies ferrées pour le transport des minerais et du *reef* aux *floors* furent forcément développées ; les machines à laver furent agrandies, perfectionnées et mues par la vapeur.

C'est pendant cette période que furent entrepris les premiers travaux souterrains d'ensemble.

MM. Baring-Gould et Atkins foncèrent, tant pour l'extraction du *reef* que du *blue-ground*, un puits de 90 mètres de profondeur à une distance de 120 mètres du bord de la mine. Deux tunnels partant du puits, à des niveaux différents, allèrent dans la mine même chercher le minerai et le *reef*.

La propriété minière se concentra de plus en plus, pendant cette période, entre des mains de moins en moins nombreuses. A la fin de la période, certaines associations ne possédaient pas moins de 20 *claims* et le nombre des propriétaires ne dépassait pas 100.

Au commencement de la troisième période, les bons *claims* pouvaient être obtenus au prix de 60.000 francs, et à la fin de cette même période les meilleurs claims pouvaient être obtenus au prix de 125.000 francs.

E. *Quatrième phase d'exploitation de la mine de Kimberley et reprise de l'exploitation des mines de de Beers, Bultfontein et Dutoit's Pan.* — La quatrième période qu'a traversée l'industrie minière de Kimberley, et qui, commencée en 1880, est sur le point de se terminer actuellement, a été surtout caractérisée par la création des compagnies d'exploitation, presque toutes locales, par les exagérations de la spéculation et la crise qui en a été le résultat.

Au point de vue du travail proprement dit, cette

période a surtout été caractérisée par les grands éboulements de *reef* de Kimberley, le ralentissement considérable de la production en diamants de cette mine, et la reprise ainsi que la mise en exploitation à nouveau des trois mines qui avaient été abandonnées, un peu trop à la légère, depuis la découverte de Kimberley.

En janvier 1880, la Compagnie française fut créée par l'amalgamation des *claims* de plusieurs grands propriétaires de mines de Kimberley. Cette compagnie possédait alors plus du quart des *claims* enregistrés de la mine, et son but était d'amalgamer peu à peu autour d'elle toute la mine de Kimberley, pour former une compagnie unique d'exploitation. Les autres propriétaires de la mine de Kimberley, qui luttaient depuis plusieurs années avec peu de succès contre les difficultés croissantes de l'exploitation, se groupèrent alors eux aussi entre eux et formèrent un certain nombre de compagnies locales qui se partagèrent la mine. Au commencement de 1881, tout ce qui pouvait avoir une valeur quelconque dans la mine de Kimberley avait été mis en compagnies par actions et émis dans le public. Les compagnies anonymes ainsi formées étaient au nombre de quinze et leur capital nominal d'émission atteignait £ 3.000.000 ou 75.000.000 francs.

L'on avait cru ou espéré que les difficultés de l'exploitation allaient pour ainsi dire être résolues par le seul fait de la création des compagnies; aussi aucun capital nouveau, aucun fonds de roulement, n'avaient été appelés, et sous l'empire d'une imprévoyance étrange et d'une ignorance complète des conditions réelles de la mine, l'engouement portait jusqu'à £ 40.000 ou 1.000.000 francs les rares *claims* de bonne qualité qui étaient restés libres. Les actions des compagnies de mines, en quelques mois, triplaient et quadruplaient de

prix, ce qui portait la valeur apparente de la mine aux prix fantastiques de plus de 200.000.000 francs.

L'esprit de spéculation qui s'était emparé de la population de Kimberley, ne pouvait laisser échapper l'occasion de faire rentrer dans le mouvement spéculatif les quatre mines, si longtemps presque entièrement abandonnées, de de Beers, Dutoit's Pan, Bultfontein et Jagersfontein.

Les trois premières de ces mines, après une période d'abandon complet, pendant laquelle leurs *claims* se donnaient ou se vendaient pour 500 à 700 francs la pièce, avaient commencé, dès la fin de 1879, à appeler l'attention de quelques spéculateurs plus avisés, qui avaient porté le prix des *claims* de 3.000 à 6.000 francs.

En quelques mois, tout fut mis, dans les quatre mines dont nous parlons, en compagnies, la hausse fut formidable et les *claims* montèrent à 25.000, 50.000 et jusqu'à 150.000 francs.

A de Beers, 18 sociétés anonymes étaient créées avec un capital nominal de 57.000.000 francs.

A Dutoit's Pan, 26 sociétés anonymes représentaient un capital nominal de 90.000.000 francs.

A Bultfontein, 17 compagnies représentaient un capital nominal de 34.000.000 francs.

La hausse qui avait lieu sur les actions portait, en outre, le capital de toutes ces compagnies au double de leur valeur nominale.

Si les capitaux nominaux de toutes les compagnies minières ainsi créées étaient énormes, par contre le capital argent demandé, soit comme fonds de première installation, soit comme fonds de roulement, était absolument insuffisant pour faire face, soit à l'achat de l'énorme matériel nécessaire pour le déblaiement des parties élevées pauvres des mines nouvelles, soit aux dépenses de l'extraction du *reef* à Kimberley. Presque toutes les com-

pagnies durent avoir recours à l'emprunt, et les sommes avancées peu à peu, tant par les banques locales intéressées à la prospérité des mines que par les maisons européennes déjà engagées, furent énormes et atteignent encore actuellement le chiffre de 30.000.000 francs.

Grâce à ces emprunts, le travail qui fut fait dans les quatre mines en 1881 et 1882 fut gigantesque. Pendant qu'à Kimberley, on enlevait des quantités formidables de *reef* éboulé, dans les autres mines on déblayait les parties élevées pauvres, ainsi que les débris autrefois accumulés par les petites exploitations. Mais pendant ces années 1881 et 1882, presque partout les dépenses excédèrent les recettes, et les résultats de presque toutes les compagnies furent nuls ou négatifs. La spéculation qui n'avait pas été supportée par les résultats immédiats sur lesquels elle comptait, n'avait naturellement pas pu soutenir les hauts prix qu'elle avait produits, et avait laissé s'effondrer tant le marché des diamants que celui des actions.

Aujourd'hui, l'industrie minière du diamant, à Kimberley, est dans une période de complet relèvement, tant par suite de l'enrichissement des mines en profondeur, que par la réduction du prix de tous les éléments de l'exploitation (matériel, combustible et main-d'œuvre) (*).

Un certain nombre de compagnies ont donné déjà de splendides dividendes, atteignant par an jusqu'à 25 et 30 p. 100 de leur capital nominal. Beaucoup d'autres ont

(*) Dans les premiers mois de 1884, le chemin de fer de Beaufort-West à l'Orange-River a été ouvert au trafic, ce qui a permis l'emploi des houilles anglaises et réduit considérablement les frais de transport. Le tronçon de 100 kilomètres de longueur restant à construire entre l'Orange-River et Kimberley sera, par suite d'une décision toute récente du gouvernement britannique, livré à l'exploitation avant la fin de 1885. Kimberley se trouvera alors en communication directe par voie ferrée avec les grands ports de Cape-Town et Port-Élisabeth.

distribué de légers dividendes et payé tout ou partie de leur dette. D'autres enfin, que l'on croyait condamnées à l'avance dès leur naissance, luttent et finiront par sortir des difficultés qu'elles ont traversées.

Par contre, le crédit dans les mines de diamants du Cap, comme il arrive toujours après les spéculations exagérées, a été détruit dans le public européen, à un tel point que des compagnies qui ont remboursé en trois ans les trois quarts de leur capital nominal, voient leurs actions cotées à 30 et 50 p. 100 au-dessous du pair.

Par suite du relèvement du prix du diamant, les trois mines de de Beers, Dutoit's Pan et Bultfontein, ont vu leur rendement s'accroître considérablement : de Beers qui, de septembre 1882 à septembre 1883, avait produit pour 421.824 £, a produit, dans l'année suivante, pour 548.208 £; Dutoit's Pan qui, de septembre 1882 à septembre 1883, avait produit pour 654.531 £, a de même produit dans l'année suivante pour 761.510 £, et Bultfontein a vu sa production d'un an monter de 494.413 à 580.029 £.

Par contre aussi, il est vrai, le rendement de Kimberley a singulièrement baissé dans ces derniers temps. La production de cette mine qui, dans l'année 1882-1883, avait atteint 1.099.328 £, s'est abaissé, dans l'année 1884, à 587.961 £. La cause qui a entraîné pour Kimberley une pareille diminution dans le rendement, provient des difficultés qu'a rencontrées dans l'année écoulée l'exploitation à ciel ouvert et de l'impossibilité presque absolue que rencontre dès à présent ce genre d'exploitation. Les grandes compagnies de la mine de Kimberley qui ne s'étaient pas préparées, en temps voulu, pour transformer leur ancien système d'exploitation à ciel ouvert en exploitation souterraine, se sont vues soudainement paralysées et le seront, suivant toute probabilité, au moins encore pour deux ans. Aujourd'hui

les deux compagnies principales de la mine de Kimberley, la Compagnie centrale et la Compagnie française, poussent avec la plus grande activité le fonçage de leurs grands puits, situés en dehors de la mine, et qui doivent aller par des tunnels recouper, vers le niveau de 900 pieds, le gisement diamantifère où sera, dans l'avenir, entreprise l'exploitation souterraine par chambres et piliers.

Quoique l'exploitation à ciel ouvert de la mine de de Beers, n'ait pas encore été entravée sérieusement par les chutes de *reef*, cependant plusieurs compagnies de cette mine ont déjà décidé l'adoption, pour l'avenir, du travail souterrain, et ont commencé dans ce but l'exécution de grands travaux de fonçage de puits.

A Dutoit's Pan et à Bultfontein, quoique l'exploitation à ciel ouvert soit la seule adoptée pour l'instant et doive continuer à être pratiquée encore longtemps, cependant certaines compagnies n'attendent que le résultat de leurs travaux de recherche pour adopter l'exploitation souterraine, si ces résultats sont favorables.

Depuis un an environ, il y a eu, tant dans la mine de Kimberley que dans celle de de Beers, une tendance sérieuse à une concentration de la propriété minière, c'est-à-dire à une fusion des compagnies entre elles. A Kimberley même, aujourd'hui, il ne reste en réalité plus que trois compagnies sérieuses en présence : la Compagnie centrale, la Compagnie française, la Standard C°; à de Beers, la de Beers Mining C° a déjà rallié autour d'elle un grand nombre de compagnies, et, au moment où nous écrivons, la fusion de toutes les compagnies de la mine de de Beers en une seule est peut-être un fait accompli.

Des projets d'amalgamation pour la mine de Dutoit's Pan et de Bultfontein ont, il est vrai, échoué, mais ont été bien près de réussir. Les esprits, à Kimberley, éclairés par la terrible crise de 1883, par les difficultés que présente l'exploitation d'un gisement possédé par de nom-

breuses compagnies, et surtout par l'impossibilité où l'on se trouve de régler la production et la vente du diamant, ont une tendance réelle aujourd'hui à grouper leurs intérêts, jusqu'à présent séparés et même hostiles.

F. *Avenir des mines de diamants du Cap.* — L'exploitation souterraine s'impose déjà pour les deux mines de Kimberley et de de Beers. Elle sera probablement adoptée d'ici un temps très court pour les deux mines de Dutoit's Pan et de Bultfontein. Or, cette exploitation souterraine entraînera forcément, pour la facilité du travail et à cause des dépenses considérables que détermine l'exécution des grands travaux souterrains (puits, tunnels, etc.), l'absorption des petites compagnies par les grandes et la fusion des grandes compagnies entre elles.

Nous avons donc la ferme conviction que la période dans laquelle entre aujourd'hui l'industrie minière à Kimberley, et qui sera la période définitive de transformation de cette industrie, sera caractérisée par l'emploi successif et peu à peu définitif de l'exploitation souterraine, et surtout par la réunion de toutes les compagnies de chaque mine en une seule, presque certainement même par la réunion de toutes ces compagnies en une seule grande compagnie européenne d'exploitation. Ces quelques compagnies, ou cette grande compagnie unique, au lieu de jeter chaque semaine sur le marché le produit de son travail, comme le font les 70 compagnies actuelles, réglera à son gré la production et la vente du diamant dont elle aura le monopole absolu. Au lieu de gaspiller presque sans profit, comme cela a eu lieu jusqu'à aujourd'hui, les richesses fabuleuses des mines du Cap, elle régularisera l'exploitation, maintiendra les prix du diamant, et donnera enfin, au point de vue des bénéfices, les résultats qu'on est en droit d'espérer.

CHAPITRE III.

EXPLOITATION DES MINES DE DIAMANTS DU CAP.

§ 1. — Éléments généraux de l'exploitation. Dépenses annuelles des quatre mines.

A. *Machines à vapeur. Consommation et prix du combustible.* — Au commencement de 1883, le nombre des machines à vapeur employées sur les quatre grandes mines du Griqualand-West montait à un total de 376, se répartissant ainsi :

NOMS DES MINES.	NOMBRE des machines.
Kimberley	96
De Beers	66
Dutoit's Pan	133
Bultfontein	82
Total	376

Ces 376 machines correspondaient à 4.034 chevaux-vapeur nominaux ; 162 machines servaient à l'extraction, 119 au lavage du minerai, et 105 étaient employées comme moteurs pour pompes, scieries, ateliers, etc., etc.

D'après le rapport officiel de l'inspecteur des mines, la consommation du combustible pour 1882 s'est élevée, en valeur, à 15.000.000 francs. On aura l'explication de ce chiffre formidable, quand nous aurons dit que, en 1882, le bois que l'on utilisait pour les chaudières, par suite de la très grande rareté des arbres dans l'Afrique du Sud et de la difficulté extrême du transport, dépassait le prix de 500 francs pour l'équivalent d'une tonne de charbon.

Depuis un an environ, par suite de l'ouverture du chemin de fer de Beaufort-West à Orange-River's-Town, ville située seulement à 100 kilomètres de Kimberley, on trouve

avantage à employer les charbons anglais, qui reviennent actuellement, dans les circonstances ordinaires, rendus à Kimberley, de 250 à 275 francs la tonne. Le transport par voitures attelées de 18 bœufs de l'Orange-River à Kimberley ne coûte pas ordinairement moins de 100 francs par tonne. On l'a même vu monter, pendant les dernières sécheresses, au prix fantastique de 250 et 275 francs par tonne. On comprendra par là l'immense importance qu'aura dans l'avenir pour les mines la construction du tronçon de chemin de fer de l'Orange-River à Kimberley.

En tout cas, actuellement, la dépense en combustible des quatre mines est déjà descendue à peu près à la moitié de ce qu'elle était en 1882 et ne dépasse pas, suivant toute probabilité, 8.000.000 francs par an.

B. *Consommation et prix de l'eau.* — L'eau était excessivement rare et chère à Kimberley jusqu'en 1882, et pendant les sécheresses toutes les compagnies se trouvaient dans la nécessité d'arrêter le lavage des terres diamantifères. L'eau provenant à cette époque exclusivement des nombreux puits que chaque compagnie possédait sur ses *floors*, était toujours peu abondante par suite de l'absence d'un niveau d'eau dans la contrée.

Quand on se trouvait alors dans la nécessité d'en acheter, elle valait généralement 7 francs le mètre cube, livrée sur place ; à certaines époques, ce prix a monté jusqu'à 14 francs.

Aujourd'hui la compagnie qui s'est créée il y a quelques années pour amener les eaux du Vaal-River à Kimberley par canalisation souterraine, délivre l'eau au prix de 3f,70 le mètre cube.

Pendant les sécheresses, beaucoup de compagnies se trouvent dans la nécessité d'employer les eaux de la compagnie du Vaal, et la dépense atteint souvent jusqu'à

2.000 francs par compagnie et par semaine pour le traitement sur le *floor* et le lavage de 3.000 à 4.000 *loads* de *blue ground*.

Nous n'avons pas le chiffre total annuel de la vente de la Compagnie des eaux de Kimberley, mais nous croyons pouvoir affirmer qu'en dehors des eaux de puits utilisées directement par les compagnies, la consommation d'eau du Vaal n'est pas inférieure annuellement à 1.500.000 fr.

C. *Consommation et prix de la dynamite.* — Jusqu'en 1883, la caisse de dynamite revenait à Kimberley à environ 200 francs. Par les temps de sécheresse ou de grande pluie qui arrêtaient les arrivages, nous avons même vu la caisse de dynamite atteindre les prix de 375, 400 et 425 francs. Aujourd'hui, tant par suite d'une plus grande facilité dans le transport que de la baisse du prix de la dynamite en Europe, la caisse de dynamite ne vaut plus, suivant les circonstances, que de 90 à 135 francs.

La consommation de dynamite dans les quatre mines du Griqualand-West est formidable, car tout l'abatage, tant de la roche diamantifère que du *reef*, se fait avec cet explosif. Une seule compagnie ordinaire en consomme par an environ pour 50.000 francs.

Sans que nous puissions citer un chiffre exact, nous croyons que, actuellement, la consommation annuelle de dynamite sur les mines de diamants n'est pas inférieure à 2.500.000 francs, correspondant à 22.700 caisses.

D. *Consommation de l'huile*, *graisse*, *pour les machines*, *etc.* — Cet article a une importance considérable par suite du gâchis qu'entraîne inévitablement l'emploi du travailleur nègre.

Chaque compagnie consomme, en moyenne, par an, pour 10.000 francs environ d'huile, graisse, etc., et nous croyons que la dépense annuelle totale de ce chef dépasse très probablement 600.000 francs pour les quatre mines.

E. *Main-d'œuvre.* — Les ouvriers employés sur les mines du Cap sont de deux sortes : blancs, pour les travaux de métier et la surveillance, et noirs pour tous les travaux ordinaires (abatage, chargement, etc.).

Dans les années 1882 et 1883, les mines de diamants occupaient ensemble 1.578 ouvriers blancs et 11.180 nègres se répartissant ainsi :

NOMS DES MINES.	NOMBRE D'OUVRIERS blancs.	noirs.
Kimberley (1882)......	720	4.000
De Beers (1882).......	300	2.000
Dutoit's Pan (1883).....	324	2.867
Bultfontein (1883)......	244	2.313
Total.......	1.578	11.180

Les nègres, en 1883, ont été payés de 31f,25 à 37f,50 par semaine pour 5 journées 3/4 de travail.

Sur les 1.578 blancs, 12 p. 100 étaient ouvriers d'état (mécaniciens, charpentiers, forgerons, mineurs, etc.); leur salaire variait de 150 à 200 francs par semaine. 20 p. 100 environ étaient conducteurs de machines à vapeur, leur salaire moyen variait de 150 à 160 francs par semaine. Le reste des blancs (surveillants, contremaîtres, ouvriers) gagnait environ 115 francs en moyenne par semaine.

Les salaires pour main-d'œuvre se sont donc élevés pour les années 1882 et 1883 à environ :

Nègres	....	19.760.000 fr.
Blancs.	Ouvriers d'état.......	1.680.000
	Conducteurs de machines.	2.620.000
	Surveillants, etc......	6.500.000
	Soit en tout....	30.560.000 fr.

Depuis 1883, le prix de la main-d'œuvre, tant blanche que noire, a sensiblement diminué à Kimberley : le prix moyen, pour une compagnie, de la main-d'œuvre blanche

s'est abaissé de 132f,40 à 110 francs environ, et celle de la main-d'œuvre noire de 34f,35 à 31f,25.

La proportion étant de 7 nègres pour 1 blanc, la main-d'œuvre moyenne, blancs et nègres, ne revient qu'à 41f,10 par semaine.

Avec ces prix actuels les salaires annuels monteraient donc à environ :

Blancs.	9.026.000 fr.
Nègres.	18.167.000
Total.	27.193.000 fr.

F. *Nourriture et entretien des chevaux, mules, bœufs, etc.* — La mine de Kimberley employait, en 1882, pour ses transports :

420 chevaux,
100 mulets, } en tout 640 animaux.
120 bœufs.

La mine de de Beers employait 250 chevaux et mules.

Sans avoir les chiffres exacts pour Dutoit's Pan et Bultfontein, nous pourrons adopter le chiffre de 610 animaux pour ces deux mines comme étant très près de la vérité, et nous aurons ainsi un total de 1.500 animaux employés par les quatre mines en 1882.

L'entretien et la nourriture d'un cheval coûte actuellement environ 2.000 francs par an à Kimberley; l'entretien d'une mule, et surtout celui d'un bœuf, est beaucoup moins élevé, et nous croyons que nous serons très près de la vérité en adoptant le chiffre moyen de 1.800 francs par an et par tête d'animal; dans ces conditions la dépense monte par an à 2.700.000 francs.

Nous croyons que cette dépense est actuellement un peu moindre, par suite de la grande réduction apportée depuis un an dans le nombre des chevaux employés dans la mine de Kimberley, et nous l'estimerons actuellement à 2.300.000 francs.

G. *Redevances.* — Les compagnies de mines payent, tant au gouvernement pour les mines de Kimberley et de de Beers, qu'à la *London and South African exploration C°* pour les mines de Dutoit's Pan et de Bultfontein, certaines redevances annuelles par *claim* et par *floor.*

Le total des redevances ainsi payées par les quatre mines monte à 1.400.000 francs environ.

H. *Matériel, entretien et réparation.* — Tout le matériel employé actuellement par les compagnies vient ou est venu d'Europe. Ce matériel a coûté excessivement cher, par suite du prix élevé des transports pendant ces dernières années. On peut estimer, en effet, que tout le matériel de mines a été transporté à Kimberley à des prix de transport compris entre 600 et 800 fr. par tonne.

Les 376 machines à vapeur aujourd'hui sur les mines représentent bien chacune, en place, une dépense première de 30.000 francs,

Soit, pour les 376 machines.	11.280.000 fr.
On peut estimer les wagonnets et voies ferrées à environ	6.000.000
Les machines à laver, le matériel d'extraction, les boîtes de réception, les laveries, les ateliers de réparation, à.	10.000.000
Les bâtiments d'exploitation, les magasins, etc., etc., à.	4.000.000
Chevaux et mules	1.000.000
Les ponts, puits d'extraction, travaux souterrains, routes, etc., à.	4.720.000
Soit un total de.	36.000.000 fr.

Ce chiffre de 36.000.000 fr. que nous admettons comme valeur du matériel des quatre mines est certainement un minimum, et nous croyons qu'en réalité il est largement dépassé.

L'entretien et les réparations du matériel ne sont pas

considérables actuellement, par suite même de son importance plutôt excessive et de son acquisition assez récente. Nous admettrons pour l'entretien, etc., le chiffre de 10 p. 100 de la valeur, soit de ce chef 3.600.000 fr. de dépenses annuelles.

K. *Frais généraux. Primes sur les diamants trouvés (etc.). Courtages.* — Les frais généraux (salaires des directeurs, télégrammes, etc.), les primes aux ouvriers sur les diamants trouvés, atteignent certainement pour l'ensemble des compagnies annuellement le chiffre de 2.500.000 francs.

Le courtage sur la vente du diamant monte annuellement de 600.000 à 700.000 francs.

L. *Résumé des dépenses annuelles actuelles des quatre mines.* — Si nous récapitulons les chiffres de dépenses annuelles que nous venons d'établir successivement, nous trouvons environ :

ÉLÉMENTS DE DÉPENSE.	VALEUR en francs.	VALEUR pour 100.
Combustible	8.000.000	15,94
Eau	1.500.000	2,99
Dynamite	2.500.000	4,98
Huile, graisse, etc.	600.000	1,19
Main-d'œuvre	27.200.000	54,18
Nourriture et entretien des chevaux, etc.	2.300.000	4,58
Redevances	1.400.000	2,79
Entretien et réparation du matériel	3.600.000	7,17
Frais généraux, primes sur diamants trouvés	2.500.000	4,98
Courtage	600.000	1,19
Total des dépenses annuelles des quatre mines	50.200.000	99,99

La réalisation du diamant produit du 1er septembre 1883 au 1er septembre 1884 a donné 2.477.708 £ ou 62.488.241 francs.

Le bénéfice net, dans ce cas, aurait été de un peu moins de 12.000.000 francs, ce qui correspond, à très peu de chose près, au bénéfice de 10.460.000 francs accusé pendant cette année par les quelques compagnies suivantes : Compagnie française, North East C°, de Beers Mining C°, Elma C°, Schwab's Gully C°, Oriental C°, Griqualand-West C°, European C°, Britannia C°, French and d'Esterre C°, sans compter certains bénéfices faits par d'autres compagnies, ou le paiement des intérêts des dettes.

§ 2. — Prix de revient des 100 loads de minerai diamantifère (abatage, extraction, lavage, etc.) et Valeur relative des quatre mines.

A. *Prix de revient dans les mines de Dutoit's Pan et de Bultfontein.* — Nous établirons tout d'abord le prix de revient actuel des 100 *loads* de *blue ground* ou minerai diamantifère pour les deux mines de Dutoit's Pan et de Bultfontein; dans ces deux mines, en effet, le travail du *reef* ou stérile, si onéreux pour Kimberley, n'a pas encore commencé et le prix de revient du *load* est bien le prix moyen type du *load* de roche diamantifère exploité à ciel ouvert dans des mines encore peu profondes (150 à 250 pieds).

Nous donnons tout d'abord ci-dessous la dépense d'un semestre et le prix de revient de 100 *loads* pour une compagnie de Dutoit's Pan et une compagnie de Bultfontein.

Compagnie générale (Dutoit's Pan). — 1er *semestre* 1884.

Production : *loads* extraits.	98.185	
loads lavés.	92.024	
Moyenne.	95.154 *loads* environ	

ÉLÉMENTS DE DÉPENSE.	DÉPENSE en francs.	PRIX aux 100 loads.
Combustible.	80.721,35	15,32
Dynamite.	27.401,35	5,20
Salaires	319.110,35	60,60
Entretien des chevaux	25.214,55	4,79
Primes sur diamants trouvés. .	7.727,15	1,47
Redevances, impôts.	23.190,30	4,50
Huile, graisse.	5.840,10	1,11
Frais généraux	16.662,35	3,16
Réparation du matériel.	16.773,80	3,18
Perte sur la cavalerie.	151,50	0,03
Courtage à Dutoit's Pan.	3.349,45	0,63
Total des dépenses à Kimberley.	526.142,25	99,99

Le prix de revient des 100 *loads* de la Compagnie générale, pendant le premier semestre 1884, est donc de 553 francs.

L'European C° a travaillé à 575 francs les 100 *loads;* la Griqualand-West C°, à 532 francs.

On peut donc admettre, pour Dutoit's Pan, actuellement un prix moyen de 550 francs environ aux 100 *loads* de minerai abattu, extrait, transporté, travaillé sur les *floors*, lavé et trié.

On peut estimer que l'abatage, le transport au *floor* rentrent environ pour les 2/3 dans ce chiffre, le travail sur le *floor* et le lavage pour 1/3.

Compagnie franco-africaine (Bultfontein). — 1er *semestre* 1884.

Production : *loads* extraits.	51.951
loads lavés.	52.249
Moyenne.	52.050

ÉLÉMENTS DE DÉPENSE.	Dépense en francs.	Prix aux 100
Combustible.	50.703,90	15,06
Dynamite	19.281,55	5,75
Salaires	183.938,70	55,07
Entretien des chevaux et location de voitures.	23.738,75	7,08
Primes sur diamants trouvés. .	3.905,55	1,16
Redevances et impôts.	8.408,20	2,50
Huile et graisse.	4.574,85	1,36
Frais généraux	21.116,05	6,10
Réparation et entretien du matériel.	14.256,15	4,25
Perte sur la cavalerie.	2.777,50	0,83
Eau.	2.525,00	0,75
Total des dépenses à Kimberley.	335.226,20	99,91

Le prix de revient des 100 *loads* à la Compagnie franco-africaine, pendant le premier semestre 1884, est donc de 644 francs.

Ce prix de 650 francs aux 100 *loads* est, à peu de chose près, en moyenne, celui de presque toutes les compagnies de Bultfontein.

B. *Prix de revient dans les mines de de Beers et de Kimberley.* — La mine de de Beers est déjà beaucoup plus profonde que celles de Dutoit's Pan et de Bultfontein; de plus, les difficultés du *reef* y ont déjà commencé pour un certain nombre de compagnies, ce qui augmente considérablement le prix de revient du *load*. Pour les compagnies profondes (300 pieds environ) exploitant à ciel ouvert, on peut admettre, comme prix de revient moyen, 1.070 francs aux 100 *loads* (de Beers Mining C°, 1883); quelques compagnies dont les terrains sont moins profondément exploités travaillent certainement à meilleur marché, à 900 francs environ les 100 *loads*.

Nous croyons cependant qu'en admettant le chiffre de 1.050 francs aux 100 *loads*, en moyenne, nous serons très près de la vérité pour de Beers.

L'exploitation à ciel ouvert de Kimberley étant pour ainsi dire terminée pour toujours, et l'exploitation souterraine régulière de cette mine n'ayant pas encore commencé, les chiffres que nous pourrons citer n'ont plus aujourd'hui qu'un intérêt rétrospectif. Par suite de la chute des immenses masses de *reef* qui recouvraient constamment ces dernières années la mine de Kimberley, le prix de revient des 100 *loads* dans cette mine était excessivement élevé. Les compagnies qui exploitaient la mine de Kimberley étaient obligées d'enlever et d'extraire le *reef* qui recouvrait ou menaçait les *claims*. Cette quantité de *reef* était parfois tellement considérable que certaines années, pour de grandes compagnies, elle a dépassé la proportion de 10 de *reef* pour 1 de *blue ground*.

En moyenne, en prenant l'ensemble de toute la mine, la proportion était d'environ 3 de *reef* pour 1 de *blue* (2.971.000 *loads* de *reef* pour 900.000 à 1.000.000 *loads* de *blue* en 1882). Chaque *load* de *blue ground* extrait de la mine de Kimberley était donc grevé de la dépense correspondant à 3 *loads* de *reef*. Par suite aussi de la petitesse relative de la mine de Kimberley, de la très petite dimension des compagnies et de la grande profondeur de cette mine (400 pieds et plus) le *load* de *blue ground* revient à Kimberley plus cher qu'à de Beers.

Nous admettons, pour maintenant, le prix moyen de 14 francs pour un *load* de *blue ground* seul ; le *load* de de *reef* revient certainement à 4 francs environ.

Dans les 100 *loads* de *blue ground* exploités à ciel ouvert revenaient ou reviendraient, y compris le *reef* correspondant, à 2.600 francs environ.

Sans pouvoir rien dire de précis à l'avance sur le prix de revient des 100 *loads* dans la future exploitation souterraine, nous croyons cependant pouvoir affirmer, dès à présent, que dans les conditions actuelles ce prix ne dépassera pas 1.500 francs.

C. *Valeur relative des quatre mines.* — En résumé, au point de vue du prix de revient, les quatre mines peuvent se ranger dans l'ordre suivant :

NOMS DES MINES.	PRIX DE REVIENT des 100 loads.
Dutoit's Pan.	550 fr.
Bultfontein	650
De Beers.	1.050
Kimberley.	2.600

Au point de vue du profit, les mines doivent donc se ranger actuellement dans l'ordre suivant :

NOMS DES MINES.	BÉNÉFICE APPROXIMATIF aux 100 loads.
De Beers.	1.352 fr.
Kimberley.	579
Dutoit's Pan.	237
Bultfontein	153

Il est excessivement difficile, actuellement, d'établir une valeur comparative des quatre mines, cette valeur dépendant d'une série d'éléments excessivement variables : profondeurs, chutes de *reef*, qualité du diamant, importance de la production, richesse en profondeur. Telle mine qui, comme Kimberley, a tenu d'une façon indiscutable le premier rang pendant de longues années, a été éclipsée depuis deux ou trois ans par la mine de de Beers. L'exploitation souterraine, à son tour, rendra peut-être le premier rang à Kimberley, pendant que la mine de de Beers aura à lutter contre les chutes de *reef*. Peut-être aussi les mines de Dutoit's Pan ou de Bultfontein, le jour où la richesse ayant été constatée en profondeur, l'exploitation souterraine y aura été adoptée, prendront-elles le premier rang. En fait, aujourd'hui, chacune des quatre mines du Cap a sa valeur propre, valeur considérable, quelque variable qu'elle puisse être suivant le moment et les circonstances.

Le tableau ci-contre résume l'ensemble des conditions économiques de chacune d'elles :

Tableau récapitulatif des conditions économiques des mines de Kimberley, de Beers, Dutoit's Pan et Bultfontein.

	KIMBERLEY.	DE BEERS.	DUTOIT'S PAN.	BULTFONTEIN.	TOTAUX ou moyennes.
Nombre des Compagnies principales	11	11	26	18	66
Capital nominal d'émission des Compagnies (1880 et 1881)	75.000.000 fr.	57.000.000 fr.	90.000.000 fr.	34.000.000 fr.	256.000.000 fr.
Dettes hypothécaires réelles et autres (octobre 1884)	10.500.000 fr.	3.750.000 fr.	8.750.000 fr.	3.325.000 fr.	26.325.000 fr.
Production en diamants pour deux années (1883 et 1884). Quantité	1.713.463 carats	877.166 carats	943.494 carats	1.010.011 carats	4.544.134 carats
Production en diamants pour deux années (1883 et 1884). Valeur	42.182.225 fr.	24.250.800 fr.	33.401.025 fr.	26.861.050 fr.	128.695.100 fr.
Valeur moyenne du carat pendant dix-huit mois (1884)	$24^{fr},46$	$26^{fr},69$	$35^{fr},79$	$26^{fr},78$	$28^{fr},43$
Teneur moyenne aux 100 *loads* (1885)	130 carats	90 carats	22 carats	30 carats	68 carats.
Valeur des 100 *loads* (1885)	3.179 fr.	2.402 fr.	787 fr.	803 fr.	1.792 fr.
Prix de revient des 100 *loads* (1885)	2.600 fr.	1.050 fr.	550 fr.	650 fr.	1.312 fr.
Bénéfice approximatif aux 100 *loads* (1885)	579 fr.	1.352 fr.	237 fr.	153 fr.	580 fr.
Valeur du diamant correspondant à 1 mètre d'approfondissement de la mine (1885)	2.200.000 fr.	3.825.000 fr.	3.160.000 fr.	2.210.000 fr.	11.395.000 fr.
Surface des mines (nombre de *claims* enregistrés) (1884)	420	610	1.502	1.050	3.582
Profondeur des mines (1885)	140 mètres	90 mètres	60 mètres	65 mètres	89 mètres
Nombre de machines à vapeur (1883)	96	66	133	82	347
Nombre d'ouvriers (1883). Blancs	720	300	324	224	1.568
Nombre d'ouvriers (1883). Noirs	4.000	2.000	2.862	2.313	11.175
Nombre de chevaux, mules, bœufs, etc. (1882)	640	250	350?	260?	1.500
Production de *reef* (1883)	2.971.272 loads	200.000? loads	69.000 loads	60.000 loads	3.300.272 loads
Production de *blue ground* (1883)	900.000? loads	1.300.000? loads	2.103.437 loads	1.893.792 loads	6.197.229 loads

§ 3. — Exploitation proprement dite.

A. *Quantités de minerai et de* reef *exploitées annuellement dans les quatre mines. Profondeur des mines. Exploitation.* — Au point de vue des quantités de minerai diamantifère exploitées actuellement, les quatre grandes mines de diamant du Cap peuvent être rangées, pour l'année 1883, dans l'ordre suivant :

NOMS DES MINES.	NOMBRE de loads de minerai exploités.
Dutoit's Pan.	2.103.437
Bultfontein.	1.893.792
De Beers, environ.	1.300.000
Kimberley, environ.	900.000
Total.	6.197.229

Au point de vue des quantités de *reef*, elles peuvent être rangées dans l'ordre suivant :

NOMS DES MINES.	NOMBRE de loads de reef exploités.
Kimberley (1882)	2.971.272
De Beers (1883), environ	200.000
Dutoit's Pan (1883)	69.000
Bultfontein (1883)	60.000
Total.	3.300.272

Les 9.497.501 *loads* de déblai total (*blue ground* et *reef*) faits dans l'année 1883, correspondent à un cube total de déblai à ciel ouvert de près de 3.000.000 de mètres cubes. Ce seul chiffre montre suffisamment l'importance et le développement colossal qu'a pris actuellement l'exploitation des mines de diamants. De la seule mine de Kimberley on a extrait, depuis l'époque de sa découverte, 1871, jusqu'en décembre 1882, 9.721.612 *loads*

de *reef*, correspondant à environ 3.000.000 de mètres cubes de roche stérile et environ 5.000.000 de mètres cubes de minerai, faisant un déblai total de 8.000.000 de mètres cubes.

Les profondeurs des immenses excavations que forment actuellement les mines sont à peu près les suivantes :

NOMS DES MINES.	PROFONDEUR.
Kimberley.	140 mèt.
De Beers.	90
Bultfontein	65
Dutoit's Pan.	60

Les procédés d'exploitation qui ont été employés jusqu'à présent aux mines de diamants sont les mêmes pour les différentes mines. Ils ont seulement été plus développés à Kimberley, par suite même des difficultés spéciales qu'ont entraînées toujours pour cette mine les grandes chutes de *reef*. Nous étudierons donc l'exploitation dans la mine de Kimberley prise comme type, et nous nous bornerons à donner seulement quelques détails complémentaires sur l'exploitation actuelle des autres mines (voir les plans *fig*, 4 et 5, Pl. V, et les coupes *fig*. 2, 3, 4 et 5, Pl. VIII) L'exploitation d'une mine de diamants, prise dans son ensemble, comprend :

1° L'exploitation dans la mine et l'extraction du *blue ground;*

2° L'exploitation et l'extraction du *reef;*

3° Le transport tant du minerai que du *reef* aux lieux de dépôts (*floors*) ;

4° Le traitement du minerai pour l'extraction du diamant (pourrissage, lavage et triage).

Quant aux procédés d'extraction employés, ils se divisent en deux sortes :

1° Le système aérien par câbles et *tubs;*

2° Le système souterrain par puits et tunnel.

B. ***Exploitation et extraction du* blue ground *(mine de Kimberley)*.** — Le ***blue ground*** de la mine de Kimberley est une roche compacte, résistante, quoique très tendre ; elle exige un abatage à la dynamite.

Les coups de mine, toujours très profonds (2 à 3^{m}), sont préparés pendant le travail ordinaire du débitage du minerai et de l'extraction. Ils sont en général nombreux, souvent même au nombre de 5 et 6, et plus, pour un bloc donné ; ils sont naturellement disposés autant que possible près d'une surface ou d'un angle libre (voir les croquis *fig.* 3, 4 et 5, Pl. IX).

Le tirage des coups de mine est réglementé ; il se fait toujours soit à midi, soit après 6 heures, pendant le temps où les ouvriers sont remontés de la mine. Le résultat de l'abatage à la dynamite est excessivement variable, suivant les conditions même du bloc ; quelquefois il n'est que de quelques mètres cubes ; quelquefois, quand le bloc forme des murailles verticales élevées, il peut atteindre quelques centaines de mètres cubes. Le minerai est presque toujours abattu en blocs de grande dimension, qui exigent souvent de nouveaux coups de mine avant de pouvoir être débités au pic. En tout cas, les blocs de minerai nécessitent toujours un piquage dans la mine, pour pouvoir être chargés à la main ou à la pelle dans les wagonnets qui vont aux recettes inférieures se décharger dans les *tubs*.

Les wagonnets circulent au fond de la mine sur de petites voies ferrées très faciles à déplacer. Leur capacité, qui varie avec chaque machine d'extraction, est généralement comprise entre 16 et 32 pieds cubes. Arrivés à la recette, les wagonnets sont reçus sur un chariot qui les amène en face des fosses contenant les *tubs*, et déversés au moyen d'un culbuteur. Ce procédé d'exploitation est celui qui est généralement employé à Kimberley ; souvent même il est pratiquement impossible d'en employer un

autre. Dans le cas, cependant, où le bloc de *blue ground* que l'on a devant soi à enlever, est suffisamment important, on a souvent employé avec grand avantage le procédé par passes et tunnels. Le croquis *fig.* 5, Pl. IX, rend facilement compte de ce procédé d'exploitation : on fait d'avance dans le bloc à exploiter un tunnel communiquant avec le niveau de la recette ; arrivé avec ce tunnel en un point correspondant au centre du bloc, on monte une passe ou cheminée qui vient déboucher au jour. A la partie inférieure de la passe dans le tunnel, on dispose une boîte de réception ou plutôt un plancher de réception, d'où le minerai tombe directement dans le wagonnet. On commence à abattre le minerai tout autour du sommet de la passe ; l'excavation que l'on forme ainsi s'agrandit peu à peu et le minerai, grâce à la pente, roule facilement jusque dans la cheminée. Ce procédé d'exploitation présente, tout au moins pour Kimberley, au point de vue de la facilité, de la rapidité et de l'économie du travail, des avantages considérables sur le procédé ordinaire. La surveillance contre le vol est plus concentrée et par conséquent plus effective, le chargement est direct dans les wagons au lieu d'être fait à la main, de plus le roulage est toujours indépendant de l'abatage.

Tout le travail spécial est généralement fait par des blancs ; les Cafres préparent les coups de mine, font le piquage, le remplissage des wagonnets, le roulage, le culbutage dans les *tubs*, enfin tout le travail ordinaire, sous la surveillance des blancs. On compte généralement à Kimberley 1 blanc pour 7 à 8 nègres.

L'extraction du *blue ground* s'est toujours faite à Kimberley, jusqu'à présent, par le système aérien. Ce système a été très perfectionné par la pratique à Kimberley. En avant du bâtiment de la machine d'extraction quatre câbles ronds, en fil d'acier, généralement d'un diamètre de $0^{m},03$ à $0^{m},05$, sont fortement ancrés à un

ensemble de poutres solidement enfoncées dans le sol (voir la coupe *fig.* 2, Pl. VIII et le croquis *fig.* 6, Pl. IX). Ces câbles passent ensuite sur un rélévateur (*standard*), puis sur les jantes d'un *jumper*. Du *jumper* ils descendent dans la mine, où ils sont fortement ancrés dans le *blue ground*. Chaque paire de câbles constitue une voie aérienne sur laquelle roule un *tub*.

Le *tub* est constitué par un chariot à quatre roues à gorge, roulant sur deux câbles et supportant un récipient cylindrique, en forte tôle, mobile autour d'un axe horizontal perpendiculaire à la direction des câbles, et fixé au châssis du chariot. Au chariot du *tub* est fixée en avant une double chaine reliée à un câble d'extraction par un anneau. Pour équilibrer autant que possible le poids mort du matériel, un *tub* monte sur une voie pendant que l'autre descend.

Les câbles d'extraction sont ronds, en fil de fer où d'acier, et ont un diamètre variable avec la profondeur d'extraction et la capacité du *tub*. Tous les *tubs* aujourd'hui en service à Kimberley, ont une capacité variant de 16 à 32 pieds cubes.

Le câble d'extraction est supporté toujours par le *standard* et les *jumpers*, en reposant sur des poulies folles pour éviter l'usure. Le rélévateur ou *standard* sert à deux buts :

1° Il relève les câbles et les *tubs* assez haut pour que l'on puisse passer dessous, et par conséquent pour que les transports à la surface puissent se faire sans arrêts ni difficultés ;

2° Il sert à faire monter les *tubs* suffisamment haut pour pouvoir être déversés dans les *boxes* où boites de réception.

Ces boîtes, quadrangulaires et en bois, sont à fond incliné et à portes latérales, elles servent au chargement des wagonnets qui doivent aller porter le minerai aux

champs de pourrissage (*floors*). Leur capacité, suivant le cas, varie de 50 à 100 *loads*. Par suite même de sa mobilité autour de son axe horizontal, le *tub* se déverse avec la plus grande facilité dans la boîte.

Presque toutes les machines d'extraction sont des machines anglaises demi-fixes, à chaudières tubulaires et à tambour cylindrique. Leur force nominale est toujours comprise entre 12 et 25 chevaux. Une machine d'extraction de 20 chevaux correspondant à des *tubs* de 27 pieds cubes peut, à Kimberley, en cas d'exploitation très régulière, extraire d'une profondeur de 90 à 120 mètres, 700 *loads* par jour de 16 pieds cubes, soit 4.200 *loads* par semaine. Ce chiffre n'est généralement pas atteint, par suite des difficultés que rencontre presque toujours l'exploitation au fond de la mine, et la pratique nous a démontré que la production normale ne dépasse pas, à Kimberley, 450 *loads* par jour *environ*.

Il est très difficile d'estimer la production moyenne de *blue ground* par tête d'ouvrier, car cette production varie beaucoup suivant les circonstances et la manière de travailler. Le chiffre de production peut même être réduit à presque rien, par exemple quand il faut déblayer après un éboulement. Nous estimons cependant que la production moyenne pour Kimberley, par tête d'ouvrier, tant blanc que nègre, en comprenant les hommes à l'abatage, au piquage, au roulage, etc., dans la mine, les hommes au *box* et à la machine d'extraction, peut monter, dans le cas d'exploitation directe, à 5 ou 5 1/2 *loads* par homme et à 7 et 7 1/2 *loads* dans le cas d'exploitation par passes et tunnels.

Toutes les machines d'extraction à système aérien sont situées au nord et au sud de la mine; les câbles, pour ne pas se gêner, sont tous sensiblement parallèles entre eux et à la ligne nord-sud des *claims*.

Le nombre des machines employées sur la mine de

Kimberley était d'environ 40 à la fin de 1882, et comme elles étaient concentrées sur un faible espace, elles créaient un enchevêtrement et une confusion qui nuisaient énormément à la bonne marche de l'exploitation.

Par suite même de l'irrégularité avec laquelle les blocs de *claims* sont divisés, les machines d'une même compagnie sont souvent séparées entre elles par d'autres machines appartenant à des compagnies voisines.

Les *tubs* et leurs chariots ont été parfois remplacés par des cages roulantes, amenant directement à la surface les wagonnets du fond de la mine. Quoique ce procédé offre certains avantages, entre autres l'abandon des *boxes*, et la suppression du déchargement et du chargement qui y correspondent, il n'a pu être développé à Kimberley. Le poids mort est en effet beaucoup plus considérable dans ce second cas que dans le premier, et avec des câbles atteignant parfois une longueur de 150 à 200 mètres sans supports intermédiaires, le poids mort doit forcément être aussi réduit que possible.

Les *tubs* servent à la descente et à la montée du personnel blanc seulement; les nègres doivent descendre et gravir deux fois par jour les pentes de la mine.

Les accidents sont assez rares à Kimberley : ils proviennent du départ d'une ancre, plus souvent de la rupture de la chaîne d'attache du *tub*, presque jamais de la rupture des câbles d'extraction ou de roulage.

C. *Exploitation du* reef (*mine de Kimberley*). — L'exploitation du *reef* dans la mine de Kimberley est faite par trois procédés différents, correspondant à trois systèmes d'extraction différents :

1° Comme le *blue ground*, par système aérien;

2° Par puits et tunnels;

3° Par plan incliné.

1°) Lorsqu'une chute de *reef* se produit dans la mine

de Kimberley, elle est toujours annoncée un peu à l'avance par des crevasses qui se produisent à la surface du sol, et vont en s'élargissant de plus en plus jusqu'au moment où le mouvement commence. Généralement les chutes de *reef* préviennent assez à temps pour que l'on puisse enlever le matériel (*jumpers*, *boxes*, etc.) qui pourraient descendre dans la mine; dans certains cas, cependant, le temps nécessaire manque et la chute entraîne tout ou partie du matériel.

Autrefois, alors que le *reef* était presque vertical, on avait de véritables chutes du *reef*, se détachant de la paroi de la cheminée et tombant au fond de la mine. Ces chutes n'atteignaient jamais de fortes proportions, elles dépassaient rarement 20.000 *loads*.

Depuis quelques années, par suite même de l'inclinaison du *reef*, qui atteint en certains endroits 40°, 35° et moins, il n'y a plus de chute à proprement parler, mais des glissements de masses immenses. Le *reef* descend généralement lentement, comme un véritable glacier, entraînant et broyant avec une force irrésistible tout ce qu'il rencontre sur son passage.

Certaines coulées de *reef* ont dépassé dans leur ensemble 1.000.000 *loads*, et se sont avancées bien au delà du centre de la mine. De pareilles coulées arrachent le *blue ground* laissé contre les parois de la cheminée et viennent recouvrir les *claims* du bord de la mine, quelquefois sur une hauteur de près de 100 pieds. La première glissée s'arrête toujours quand le *reef* s'est avancé suffisamment loin pour que les parties inférieures de l'éboulement fassent obstacle à l'avancement des parties supérieures. A mesure que l'exploitation et l'enlèvement du *reef* se font à la partie inférieure, les points d'appui qui maintiennent le *reef* venant à manquer, il se produit de nouvelles descentes. Une chute de *reef* s'accomplit actuellement dans la mine de Kimberley en cinq ou six

descentes successives, générales ou partielles. Chaque fois, il faut enlever le matériel, recréer de nouvelles plates-formes, couper des tranchées dans le *reef* éboulé pour ouvrir le passage aux *tubs*, faire un nouvel ancrage pour les câbles avec des sacs de terre, le sol ferme manquant, en un mot accomplir des travaux lents et coûteux. Pendant tout le temps que demande l'enlèvement du *reef*, le terrain diamantifère recouvert ne peut être travaillé.

Quelquefois deux ou trois descentes de *reef* peuvent coïncider, et alors, la mine presque toute entière est recouverte et l'exploitation du minerai complètement arrêtée dans son ensemble.

Le *reef* (schiste noir), dans sa descente, se broie lui-même et se trouve toujours réduit en menus fragments qui n'exigent pas d'abatage. Les chutes de *reef* qui pénètrent ainsi plus ou moins avant dans la mine de Kimberley, sont toujours exploitées et extraites, comme nous l'avons indiqué pour le *blue ground*, par le système aérien. Le *reef* est chargé à la pelle dans les wagonnets qui se rendent aux recettes inférieures. Dans le cas exceptionnel où le *reef* est venu recouvrir une ancienne passe à *blue ground* et quand l'embouchure du tunnel n'a pas été recouverte ou a pu être découverte postérieurement, l'exploitation du *reef* se fait par cette passe, mais dans des conditions bien autrement favorables ; car le *reef* en menus fragments coule dans la passe sous sa pression même comme de l'eau, et remplit sans arrêt tous les wagonnets au fur et à mesure de leur présentation au chargement.

L'extraction du *reef*, pour une machine donnée, est très variable. Elle se réduit à très peu de chose, tout au plus 100 *loads* par jour, quand on creuse une tranchée dans le *reef* pour ouvrir le passage au *tub*, le chargement devant être fait dans ce cas directement à la pelle; elle

peut atteindre le maximum de 700 *loads* que nous avons indiqué pour le *blue-ground*, et même parfois le dépasser de 20 à 50 *loads* dans des conditions exceptionnellement favorables par passes et tunnels.

La production par tête d'ouvrier est de même très variable; mais en condition normale de travail, il faut compter sur un minimum de 7 *loads* par tête, et l'on peut atteindre jusqu'à 12 *loads*.

Le procédé d'exploitation du *reef* par système aérien est absolument irrationnel et défectueux; l'on est malheureusement obligé de l'employer encore aujourd'hui, par suite de l'imprévoyance des compagnies minières, qui n'ont pas su autrefois attaquer directement le *reef* et l'enlever à temps pour éviter de voir l'exploitation du minerai presque entièrement arrêtée.

MM. Baring-Gould et Atkins avaient cependant adopté, dès 1878, le principe absolument rationnel de l'exploitation du *reef* par tunnels et puits d'extraction. En 1880, dès sa formation, la Compagnie française suivit le même exemple, et tout récemment un troisième puits a été ouvert pour l'exploitation du *reef*.

2° Le principe de l'exploitation du *reef* par puits et tunnels consiste en ceci (voir la coupe *fig*. 3, Pl. VIII): à une distance donnée du bord de la mine et en dehors des éboulements possibles (420 pieds pour la Compagnie centrale, 620 pieds pour la Compagnie française), on fonce un puits d'extraction. A partir du fond de ce puits, arrêté à la nappe de mélaphyre (*hard rock*), on pousse un tunnel droit à la mine. Puis, de ce tunnel, on mène des galeries à droite et à gauche parallèlement à l'éponte du gisement; en certains points de ces tunnels on monte des passes venant déboucher, suivant les circonstances, soit au jour, soit dans les masses du *reef* éboulé.

Le travail du *reef* se fait alors, comme nous l'avons

indiqué déjà pour le travail par passes et tunnels dans la mine, avec cette différence que l'extraction se fait directement par le puits. Comme ces travaux de tunnels et de passes sont permanents, le système des boîtes a été substitué à celui des planchers de réception pour avoir un chargement plus régulier ; les trains de wagonnets, circulant souterrainement sur deux voies, sont traînés par des chevaux, de manière à activer le travail.

Le système par puits et par tunnels a donné, dans des circonstances et des années critiques, des résultats admirables, qui ont certainement sauvé certaines compagnies d'une ruine inévitable. L'extraction du *reef*, pour un puits, avec travail sans interruption de jour et de nuit, est arrivée à dépasser régulièrement 2.200 *loads* en moyenne par 24 heures et a atteint même 2.400 *loads*, soit une extraction dépassant 1.000.000 *loads* par an.

Les chiffres que nous venons de citer auraient même été peut-être dépassés si les passes à *reef* avaient pu suffire à l'extraction, et si, d'autre part, les difficultés qu'on rencontrait à l'ouverture des passes à *reef* dans les schistes éboulés n'avaient pas été parfois presque impossibles à surmonter.

L'exploitation du *reef* a lieu, lorsque la passe s'ouvre au jour, en élargissant un cône d'abatage tout autour d'elle ; lorsqu'au contraire la passe est recouverte de *reef* éboulé en menus fragments, l'écoulement du *reef* dans la passe s'opère de lui-même.

Le passage d'un gros bloc de roche non décomposé perdu dans le *reef* éboulé cause toujours des arrêts importants, et son extraction est toujours des plus difficiles ; elle n'a souvent lieu qu'à coups de dynamite, que l'on tire dans la boîte même de réception.

Les eaux d'infiltration ou les sources que l'on rencontre parfois, sont souvent causes aussi de retards dans la production d'une passe.

Les passes s'élargissent peu à peu sous le passage répété du *reef* et n'ont pas besoin, au commencement, d'un diamètre de plus de 2 mètres à 2^{m},50 pour une hauteur de 30 à 40 mètres ; généralement on les évase un peu par le bas.

La production du *reef* par puits et tunnels atteint régulièrement de 10 à 12 *loads* par tête d'homme pour un travail de jour et de nuit; il monterait certainement à 15 *loads* pour un travail de jour seulement.

En dehors de l'économie considérable qu'entraîne l'exploitation du *reef* par le système des puits et tunnels, et qui ne monte pas à moins de la moitié du prix d'exploitation ordinaire, ce procédé présente, en outre, les avantages immenses d'une exploitation régulière excessivement puissante. Le *reef* peut être, en outre, exploité et enlevé en dehors du périmètre même de la mine, avant qu'il ne se soit éboulé sur les *claims*, ce qui sauvegarde l'exploitation du minerai, qui peut être poursuivie parallèlement et concurremment avec celle du *reef*.

Nous sommes absolument sûrs, et nous pouvons affirmer que, si le procédé d'exploitation du *reef* par puits et tunnels avait été largement appliqué à la mine de Kimberley il y a quelques années, jamais les compagnies de cette mine n'auraient traversé les difficultés financières qu'elles ont rencontrées dernièrement, ces difficultés étant dues à ce que les éboulements du *reef* paralysaient, si même elles n'entravaient pas parfois entièrement, l'exploitation du minerai diamantifère si merveilleusement riche de cette mine.

3° Le troisième procédé d'exploitation du *reef*, qui n'a été malheureusement appliqué, par suite de circonstances particulières, que sur une très faible échelle, aurait dû, au contraire, être le plus puissamment développé des trois systèmes. Ce procédé comprend l'exploitation, soit directe, soit par tunnels et passes, du *reef* supérieur, dont

le poids a toujours déterminé les grandes chutes. Un plan incliné conduisant de la surface du sol aux chantiers d'abatage, situés à une profondeur de 10 à 30 mètres, permet la montée et la descente des wagonnets.

Ce procédé, qui a donné en petit d'excellents résultats au point de vue de l'économie, de la régularité et de la rapidité du déblaiement, aurait certainement contribué, comme le précédent, à développer la prospérité de la mine, s'il avait été adopté à temps et sur une échelle suffisante.

D. *Transport du minerai et du* reef (*mine de Kimberley*). — Toutes les matières extraites de la mine, tant *reef* que *blue ground*, provenant soit des *boxes*, soit des puits d'extraction, sont contenues dans des wagonnets généralement d'une capacité de 16 pieds cubes (*loads*). Tous ces wagonnets sont en forte tôle d'acier; leur porte de décharge est située en avant.

Les wagonnets, une fois remplis, sont formés en trains de 6 à 8 wagons, qui sont emmenés par des chevaux sur voies ferrées établies sur terrassements.

Les voies ferrées sont généralement d'intérêt et d'usage général pour les différentes compagnies; des embranchements conduisent les trains particuliers de chacune d'elles à leur lieu de dépôt respectif.

Les terrassements, d'une hauteur de 7 à 8 mètres audessus du sol de la contrée et ayant même niveau que les sièges d'extraction, ont été formés successivement par les 3.000.000 mètres cubes de *reef* enlevés de la mine de Kimberley. Ils se prolongent et s'étendent en surface chaque jour davantage, recouvrant tout le terrain qui avoisine la mine.

Les wagonnets de *reef* arrivant à l'extrémité des terrassements passent sur un plancher spécial fait en plaques de tôle, sont saisis par des nègres, ouverts, culbu-

tés, refermés, et remis immédiatement sur la voie des trains vides. A mesure que le terrassement augmente, la voie est prolongée et le plancher avancé.

Ce procédé, quoique simple et primitif, est le seul qui ait été prouvé correspondre, à Kimberley, au déchargement rapide des immenses quantités de *reef* que l'on extrait journellement. Son inconvénient est qu'il exige un matériel de wagonnets très résistants, par conséquent, très pesants. Les distances moyennes parcourues par le *reef* dépassent aujourd'hui 1.200 à 1.500 mètres.

Un bon chef culbuteur, avec une équipe de 6 à 8 hommes, est capable de culbuter en un jour jusqu'à 400 à 500 wagonnets.

Le *blue ground*, après avoir parcouru la voie d'intérêt général, se rend par son embranchement spécial en face des *floors* ou terrains de dépôt. Il est culbuté dans un *box* appuyé contre le flanc du terrassement; de là il passe dans des charrettes à deux roues (*scotch-carts*). Ces voitures, suivant leur dimension, sont à 1 ou 2 chevaux.

Les terres diamantifères sont portées par des voitures sur les parties disponibles des *floors*, et culbutées.

E. *Traitement du minerai sur le* floor. — Le *blue ground* est une roche compacte, et l'extraction du diamant serait impossible, ou presque impossible, si elle ne présentait, grâce à sa constitution magnésienne, l'heureuse propriété de se déliter et de se pourrir rapidement au contact de l'air et de l'eau.

Toutes les compagnies de mines de diamants possèdent, autour de leurs ateliers de lavage, d'immenses surfaces de terrain destinées non seulement à recevoir l'accumulation des résidus de lavage (*tailings*), mais aussi le *blue ground* à décomposer.

Le *blue ground*, basculé des voitures, est généralement étendu sur le *floor*, les plus gros fragments étant dressés

verticalement, de manière à bien présenter leurs différentes faces à l'air. Quand les pluies sont abondantes, répétées, et suivies de soleil, le délitement du *blue ground* se fait avec une excessive rapidité, souvent en moins de quinze jours; mais, pendant les périodes de sécheresse qui durent à Kimberley neuf ou dix mois et plus, sans une goutte de pluie, la décomposition de la roche est très lente, et si la compagnie se trouve dans la nécessité, comme cela a lieu malheureusement presque toujours, d'avoir rapidement son diamant pour payer ses frais d'exploitation journalière, on est obligé de faire subir à la roche une série de manipulations coûteuses et qui prêtent au vol.

Les manipulations qui accélèrent la désagrégation de la roche sont le piquage sur le *floor*, le cassage, l'aspersion d'eau, la reprise et la mise en tas du minerai, l'arrosage des tas, etc. Non seulement ces opérations sont très coûteuses, mais elles ont, en outre, l'inconvénient autrement grave de mettre à découvert les plus gros diamants, et de les exposer à la vue des nègres, qui échappent rarement à la tentation de voler une pierre de quelque valeur. Quel que soit le nombre de surveillants blancs que l'on emploie sur le *floor*, la surveillance n'est, en fait, nullement efficace. Aussi l'errement, malheureusement fatal, de hâter la désagrégation du minerai est-il des plus mauvais, et ruineux pour les compagnies qui le pratiquent.

Au bout d'un délai variant, suivant les circonstances, de deux semaines à plusieurs mois, le minerai se trouve suffisamment délité et réduit en sable graveleux et en terre fine pour passer à la machine à laver. Il est alors chargé soit dans des wagonnets, soit dans des voitures, puis monté, au moyen de balances ou de plans inclinés, sur une plate-forme (voir l'élévation et le plan, *fig.* 1 et 2, Pl. IX) élevée d'environ quelques mètres au-des-

sus du sol ; le *blue ground* est alors déversé sur une grille dont les barreaux ont un écartement d'environ $0^{m},04$.

Tous les fragments de roche non décomposée (métaphyre, diorites, etc.), ainsi que les fragments de *blue ground* non délités, se trouvent séparés par cette grille du minerai diamantifère suffisamment pulvérisé : ils passent dans une glissière et de là dans des wagonnets. Ils sont ensuite triés rapidement à la main et tous les fragments ou *lumps* de *blue-ground* sont de nouveau mis de côté pour pourrir et passer à un lavage postérieur. La matière qui a traversé les barreaux de la grille arrive sur une glissière en tôle où elle est malaxée par des nègres armés de râteaux avec les eaux déjà boueuses provenant du lavage. La matière tombe ensuite dans un trommel à axe légèrement incliné, animé d'un mouvement de rotation assez lent. Ce trommel, partie en tôle percée et partie en toile métallique, fait une nouvelle séparation, entre les boues diamantifères et les petits fragments de roche, qui sont reçus à l'extrémité du trommel sur une table, triés à la main, et envoyés au stérile ou au tas de *lumps*. Tout le long du trommel tombent de minces filets d'eau claire destinés à tenir l'appareil constamment débourbé. Les boues diamantifères qui se sont ainsi mélangées d'une nouvelle quantité d'eau, se rendent par des conduites ou des glissières en tôle à la machine à laver proprement dite.

La machine à laver est constituée par un bassin annulaire, en tôle, de 8 à 16 pieds de diamètre, à axe vertical. Autour de cet axe, animé d'un lent mouvement de rotation, sont fixés des bras, armés de poignards, plongeant dans le bassin annulaire. Les eaux boueuses arrivant tangentiellement par une ouverture percée dans la paroi extérieure de la machine à laver et avec une certaine vitesse, sont entraînées par cette vitesse même et par la rotation des poignards ; elles vont ressortir, en

sens inverse, par une autre ouverture située dans la paroi intérieure à une faible distance de l'ouverture d'arrivée. Pendant leur trajet dans la machine à laver, ces boues abandonnent toutes les matières pierreuses qu'elles contiennent, telles que diamants, minéraux, fragments et noyaux de diorite, etc., etc.

Les eaux boueuses, à leur sortie de la machine à laver, sont reprises par une chaîne à godets ou une pompe centrifuge. Elles passent, à la partie supérieure de l'installation, dans un trommel à toile métallique fine, où se fait une séparation entre les boues et les eaux boueuses. Les boues sableuses, provenant du lavage, sont reprises par des wagonnets et conduites au dépôt des *tailings ;* les eaux boueuses resservent, comme nous l'avons vu plus haut, pour le premier malaxage de la terre.

Le dépôt concentré pendant toute une journée au fond de la machine à laver, comprend tous les minéraux et de petits fragments de roches empâtés dans un peu de boue ; il est sorti de la machine, à la fin de la journée, classé et lavé à grande eau au berceau américain (*cradle*).

Les différents graviers classés par grosseur sont triés à la main avec un râcloir en fer-blanc, sur une table en tôle ; le triage, suivant la finesse du gravier, est répété deux, trois ou quatre fois.

Dans une machine à laver, de type moyen, on peut passer 250 *loads* par jour ; dans certains cas, avec des terres plus faciles à laver, on peut aller jusqu'à 400 et 500 *loads* par jour.

La machine à laver de Kimberley (*washing machine*) n'est, à proprement parler, qu'un débourbeur à axe vertical ; elle donne d'excellents résultats : la perte en diamants, quand la machine est dans de bonnes conditions de construction et de marche, ne dépasse pas en poids de 1/50 à 1/100 de la teneur totale.

Cette machine a, en outre, l'avantage de pouvoir passer

de très grandes quantités de matières avec une consommation d'eau très faible, ne dépassant pas 300 litres par 1^{m^3} de terre. Jusqu'à présent, elle a été exclusivement employée à Kimberley, où elle a été inventée il y a une dizaine d'années.

Une machine nominale de 12 à 15 chevaux est plus que suffisante pour la marche d'une paire de machines de 13 à 16 pieds de diamètre, ainsi que des trommels et des élevateurs qui y correspondent.

Presque toujours, la machine à vapeur qui met en marche les machines à laver, sert en même temps de moteur pour la scierie de bois à brûler; elle sert aussi quelquefois à mettre en mouvement des pompes ou d'autres machines. Ces applications diverses du moteur à vapeur sont toujours nuisibles : elles entraînent des irrégularités dans la marche et déterminent souvent des ruptures de courroies ou des pertes de diamants.

F. *Exploitation souterraine* (*mine de Kimberley*). — L'exploitation de la mine de Kimberley est très complexe : certaines compagnies, possédant un grand puits d'extraction à *reef*, 6 ou 7 machines d'extraction par système aérien, 100 chevaux et plus pour les transports, d'immenses *floors* pour le dépôt des minerais, 3 ou 4 machines à laver, ont une organisation et un développement comparable à ceux de nos plus grandes compagnies européennes. Aujourd'hui la mine de Kimberley est presque abandonnée en apparence ; l'exploitation à ciel ouvert n'est plus faite à l'heure actuelle que par une seule compagnie, la Standard C°, tandis que les deux compagnies les plus puissantes de la mine, la Compagnie française et la Compagnie centrale, poussent aussi rapidement que possible, au moyen de la perforation mécanique, le fonçage de leurs grands puits qui doivent servir à l'exploitation souterraine du gisement diamantifère.

Cette exploitation souterraine se fera par chambres et piliers ; l'emploi du boisage sera presque impossible par suite de la grande rareté et de la cherté du bois dans toute l'Afrique du Sud, mais l'on pourra peut-être utiliser avec profit les énormes dépôts de *reef* pour le remblayage.

G. *Exploitation dans les mines de de Beers*, *Dutoit's Pan et Bultfontein.* — L'exploitation dans les mines de de Beers, Dutoit's Pan et Bultfontein est basée exactement sur les mêmes principes que celle de Kimberley ; seulement l'absence presque complète jusqu'à présent de chutes de *reef*, et les dimensions beaucoup plus considérables des *blocs* possédés par les compagnies dans ces trois mines, facilitent beaucoup l'exploitation et la rendent par cela même beaucoup moins onéreuse.

L'extraction, sauf pour la Victoria C° de de Beers, qui possède un puits, a toujours lieu par le système aérien des *tubs*.

Les installations des compagnies des trois mines de de Beers, Dutoit's Pan et Bultfontein sont beaucoup plus récentes que celles de Kimberley, puisqu'elles datent toutes de la reprise de 1881 ; elles sont, par suite, généralement mieux disposées, mieux situées, mieux groupées et plus perfectionnées.

Les chutes de *reef* ont été évitées jusqu'à présent et peuvent l'être encore pendant très longtemps, grâce à l'abandon qu'ont fait les compagnies voisines du *reef* d'une ou de deux lignes de *claims* le long de ce *reef*. Le *blue ground*, en effet, quoique très tendre, forme une roche très compacte et qui résiste en masse infiniment mieux que le *reef* à l'action des agents atmosphériques. Une paroi verticale de *blue ground* peut se maintenir pendant plusieurs années sans trop se détériorer.

De plus, le *blue ground* laissé ainsi le long du *reef*

sert de piliers de soutènement et empêche les chutes de se produire.

H. *Accidents de mines.* — Malgré les éboulements du *reef*, les chutes de *blue ground*, l'emploi et la manipulation journalière d'une quantité énorme de dynamite, les accidents sont relativement peu nombreux dans les mines de diamants.

Le tableau suivant résume, pour 1883, le nombre d'accidents :

NOMS DES MINES.	NOMBRE d'accidents.	TUÉS ET BLESSÉS p. 1.000.	TUÉS p. 1.000.
Kimberley	54	24,0	6,4
De Beers	29	26,6	6,6
Dutoit's Pan	25	8,4	0,93
Bultfontein	21	11,7	7,4
Total ou moyenne	129	17,5	5,33

K. *Vol des diamants et répression du vol.* — Le vol est, sur les mines de diamants, une question capitale. Dans le travail et la manipulation du minerai, dans les mines et sur les *floors*, les fragments de *blue ground* se brisent ou se séparent presque toujours au point où se trouve un diamant de grande dimension. Toutes les grosses pierres sont ainsi trouvées au piquage (*picking*), et une grande partie d'entre elles est dérobée par les nègres et même par les surveillants blancs.

Le diamant ainsi volé est généralement vendu à des gens qui font profession apparente de vendre de l'eau-de-vie et des liqueurs fortes aux nègres (*canteen keepers*). Le prix obtenu par les nègres dans ces conditions n'est toujours qu'une minime partie de la valeur réelle de la pierre volée. Les *canteen keepers* repassent le produit de leurs achats à des négociants en diamants de Kimberley, qui introduisent les pierres volées dans la circulation régulière.

Beaucoup de procédés ont été employés pour réprimer le vol, mais presque toujours sans résultat. Beaucoup de personnes pensent que la valeur des diamants volés monte, chaque année, au quart de la production totale des mines, soit à plus de 15.000.000 francs.

Le *trapping-system* consiste à faire tenter un acheteur illicite connu, par un nègre affilié à la police et à le prendre en flagrant délit d'achat irrégulier.

Le commerce des diamants est aujourd'hui complètement réglementé à Kimberley. Toute personne, pour pouvoir exercer ce commerce, doit avoir une patente spéciale; elle ne peut acheter que d'un commerçant patenté ou d'une compagnie, par l'intermédiaire de courtiers munis d'une permission.

Tous les achats et les ventes doivent être enregistrés sur les livres en détail, et toute pierre au-dessus de quelques carats doit être inscrite spécialement. Les livres sont à la disposition de la police, qui doit les visiter régulièrement. Malgré toutes ces précautions, malgré la surveillance de la police, l'importance des vols était devenue tellement grande, l'impunité des grands négociants en pierres volées était telle, que les propriétaires et les administrateurs des compagnies demandèrent au gouvernement colonial l'adoption du système des fouilles ou *searching system*. Après bien des hésitations de la part du parlement de Cape-Town, la loi fut enfin votée.

Toutes les mines sont aujourd'hui entourées d'une barrière; on ne peut pénétrer dans une mine ou en sortir qu'en passant par des maisons, où des agents de police ont le droit de fouiller chaque personne des pieds à la tête.

L'application de cette loi, à Kimberley, a soulevé chez les ouvriers blancs des protestations suivies de grèves et même d'émeutes; en fait, elle n'a pas répondu aux espérances qu'en avaient conçues ses promoteurs.

Tout dernièrement plusieurs compagnies, jugeant qu'il était impossible de réprimer le vol, ont pris la résolution, fort sage à notre avis, de le régulariser à leur profit. Au lieu de donner, comme autrefois, une faible prime au découvreur, ces compagnies, pour enlever aux ouvriers tout intérêt à voler, se sont faites les propres acheteurs des diamants ainsi trouvés au *picking*, en donnant une prime de 10 p. 100 sur la valeur réelle des pierres qui leur étaient apportées. Ce système de forte prime a déjà donné de bons résultats; il sera certainement suivi peu à peu par toutes les compagnies, et aura alors l'inestimable avantage de faire partir de Kimberley tous les négociants et autres personnes qui ne vivent que du produit des vols.

L. *Mining Boards.* — Le travail du *reef*, l'extraction de l'eau du fond d'une mine, sont des travaux d'intérêt général; l'entretien, la construction des voies ferrées d'intérêt commun, la répartition des terrains destinés au dépôt du *reef*, sont des questions qui ne peuvent être résolues que par un corps représentant l'intérêt collectif des compagnies. Ces corps, à Kimberley, portent le nom de *mining boards;* électifs pour Kimberley et pour de Beers, il sont encore désignés par le gouvernement à Dutoit's Pan et à Bultfontein.

Les *mining boards* ont le droit de prélever, sur les différentes compagnies, des impôts destinés à couvrir leurs dépenses personnelles et les dépenses d'intérêt général de la mine, en particulier celles qu'entraînent l'extraction du *reef* et de l'eau.

Composé de directeurs et d'administrateurs de compagnies, tous élus pour servir, par tous les moyens possibles, les intérêts de la compagnie qu'ils représentent, le *mining board* de Kimberley, occupé ces dernières années de luttes et de discussions passionnées ressortissant de l'intérêt privé beaucoup plus que de l'intérêt

public, a créé, on peut le dire hardiment, par son imprévoyance, la question du *reef* et a été bien près de ruiner la mine tout entière.

Il se débat aujourd'hui au milieu des difficultés, en apparence inextricables, que lui crée une dette de plus de 10 millions de francs, dont un peu de bonne foi et de bonne volonté de la part des compagnies, c'est-à-dire des membres mêmes du *mining board*, le ferait facilement sortir.

Sur ces 10 millions, en effet, 2 millions au plus, dus aux banques locales, constituent une dette réelle, les 8 autres millions, dus soi-disant par le *mining board* aux compagnies mêmes de la mine pour d'anciennes extractions de *reef*, etc., ne constituent en réalité que des dettes de compagnies à compagnies, qui devraient être réglées, et le seraient depuis longtemps, sans la mauvaise volonté de quelques-unes des compagnies intéressées.

CHAPITRE IV.

GISEMENTS DIAMANTIFÈRES DE RIVIÈRE (*RIVER DIGGINGS*).

Les gisements diamantifères de rivière ont été les premiers découverts et exploités dans l'Afrique du Sud. Les principaux de ces gisements sont situés à une distance de 10 à 15 lieues de Kimberley; ils s'étendent le long de la rivière Vaal, depuis Klip-drift jusqu'à Likatlong, au confluent du Vaal et du Hart-River.

Sur la rive droite du Vaal se trouvent Hébron et New-Gong-Gong, sur la rive gauche Pniel, Good-Hope, Bad-Hope, Cadwood's Hope, Vieux Gong-Gong, Newkerque, Waldeck's Plan, etc., etc. Ces gisements, après avoir été le centre d'exploitations très importantes de 1869 à 1871, ont été désertés après la découverte des mines ou *dry*

diggings de Kimberley, Dutoit's Pan, etc.; ils n'ont cependant jamais été abandonnés complètement, et l'on travaille encore actuellement à Gong-Gong, Newkerque et Waldeck's Plan.

L'exploitation des gisements de rivière est aujourd'hui entre les mains de 200 à 300 mineurs environ, noirs et blancs, travaillant individuellement pour leur compte avec un capital ou un matériel insignifiant.

Les diamants sont rares, mais la beauté des pierres de rivière est telle que le haut prix qu'elles atteignent compense parfois la rareté des trouvailles.

La production annuelle monte, pour les mines de rivière, de 15.000 à 20.000 carats, valant, au prix actuel moyen de 70 francs environ le carat de diamant de rivière, de 1.050.000 à 1.400.000 francs.

Le gisement du diamant de rivière n'est presque jamais dans le lit du Vaal, il est au contraire presque toujours sur le flanc des collines de mélaphyre qui bordent sa vallée, à une hauteur au-dessus du lit actuel qui atteint et dépasse souvent 30 mètres.

Le gisement est constitué par l'amas désagrégé et éboulé des blocs de mélaphyre roulés des hauteurs de la colline. La dimension de ces blocs atteint parfois celle d'une pierre de taille; leur forme est généralement peu arrondie, excepté à Gong-Gong où ils semblent avoir été usés, ovalisés et polis sur place par des tourbillons puissants. L'intervalle qui les sépare est rempli par un gravier empâté dans de l'argile sableuse rougeâtre ou dans du calcaire blanchâtre. C'est dans ce gravier, principalement formé d'agates ovales ou rondes provenant du mélaphyre, de fragments de jaspe, de bois silicifié, de grenats, etc., que se rencontrent les diamants.

Le conglomérat mélaphyrique diamantifère repose toujours sur le mélaphyre en place; son épaisseur varie de 3 à 30 mètres. La richesse de ce conglomérat en

diamant n'est nullement régulière; les mineurs prétendent que le diamant se trouve généralement au contact du conglomérat et du mélaphyre dans les creux ou dans les poches formés par cette dernière roche.

L'exploitation est des plus primitives : on creuse un puits ou une excavation un peu au hasard dans le conglomérat; les gros blocs et le gravier sont retirés au moyen d'un treuil, puis le gravier est lavé et classé au moyen d'un berceau américain ou d'un appareil analogue, et enfin trié à la main.

La difficulté de retirer de gros blocs de mélaphyre au moyen d'un treuil à bras est telle que l'exploitation journalière est insignifiante; il est certain que, si les procédés employés aux *river diggings* étaient appliqués aux grandes mines, les résultats que l'on obtiendrait de ces dernières seraient absolument nuls.

Une étude un peu spéciale que nous avons faite à un moment donné des gisements de rivière et en particulier de celui de Gong-Gong, nous porte à croire que l'attention a été trop détournée de ces gisements, dont la teneur au *load* peut atteindre et parfois même dépasser celles de plusieurs des grandes mines actuellement exploitées.

La présence du diamant dans le conglomérat mélaphyrique n'a pas encore été expliquée; nous croyons, quant à nous, jusqu'à preuve contraire, que ce diamant provient de quelques cheminées diamantifères cachées dans le voisinage de la rivière sous les éboulis de la roche mélaphyrique.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche V.

Fig. 1. — Esquisse d'une carte géologique de l'Afrique du Sud, à l'échelle de 1 à 25.000.000.

Fig. 2. — Carte du territoire diamantifère de l'Afrique du Sud, à l'échelle de 1 à 1.500.000.

Cheminées diamantifères.

1. Newland's Kopye.	6. Doyl's Kopye.	11. Bultfontein Mine.
2. Radloff's Kopye.	7. Sainte-Augustine.	12. Olifant's Fontein.
3. Otto's Kopye.	8. Kimberley Mine.	13. ?
4. Kamfer's Dam.	9. De Beers Mine.	14. Coffee Fontein.
5. Taylor's Kopye.	10. Dutoit's Pan Mine.	15. Jagersfontein Mine.

Principales mines de rivière.

1. Hébron.	6. Victoria.	11. Bad Hope.
2. Diamondia.	7. Gong-Gong.	12. Waldeck's Plan.
3. New Hébron.	8. New-Rush.	13. Newkerque.
4. Pniel.	9. Delport's Hope.	Etc.
5. Good Hope.	10. Cadwood's Hope.	

Fig. 3. — Plan montrant la position exacte et les formes respectives des quatre grandes mines de l'Afrique du Sud, Kimberley, de Beers, Bultfontein, Dutoit's Pan, et la position approximative des mines de Sainte-Augustine, Taylor's Kopye, Otto's Kopye, Kamfer's Dam, Doyl's Kopye.

1. Kimberley.	4. Bultfontein.	7. Otto's Kopye.
2. De Beers.	5. Sainte-Augustine.	8. Kamfer's Dam.
3. Dutoit's Pan.	6. Taylor's Kopye.	9. Doyl's Kopye.

Fig. 4. — Plan de la mine de Kimberley; échelle, environ 1 à 4.000.

C Central C°.	G Gem C°.	V Vulcan C°.
F Compagnie française.	N South West C°.	O Octahedron C°.
S Standard C°.	M North West C°.	B North-block C°.
E North East C°.		

Fig. 5. — Plan de la mine de de Beers; échelle, environ 1 à 4.000.

B De Beers Mining C°.	P Pétrée C°.	O Oriental C°.
E Elma C°.	C Birbeck C°.	S Schwab's Gully C°.
U Pleïades C°.	V Victoria C°.	

Planche VI.

Coupe sud-nord théorique de l'Afrique du Sud, suivant la ligne XX de la carte *fig.* 1, Pl. V; échelle des longueurs, 6 millim. pour 10.000 mètres; échelle des hauteurs, 6 millim. pour 1.000 mètres.

Planche VII.

Fig. 1. — Coupe ouest-est théorique de l'Afrique du Sud, suivant la ligne YY de la carte *fig.* 1, Pl. V; échelle des longueurs, 6 millim. pour 10.000 mètres; échelle des hauteurs, 6 millim. pour 1.000 mètres.

Fig. 2. — Coupe théorique orientée environ N. 30° O., et passant par les gisements diamantifères de l'Afrique du Sud; échelle des longueurs, 1 à 1.267.200; échelle des hauteurs, 1 millim. pour 40 mètres.

Fig. 3. — Coupe théorique du mélaphyre et de la brèche mélaphyrique du Vaal River (mines de rivière).

Planche VIII.

Fig. 1. — Coupe théorique N.-S. de la cheminéc diamantifère de Kimberley; échelle de 1 à 4.000.

Fig. 2. — Coupe N.-S. de la mine de Kimberley suivant la ligne CD du plan *fig.* 4, Pl. V, passant par les *claims* 262-249. (Décembre 1882. — Extraction par *tubs*.) Échelle de 1 à 4.000.

Fig. 3. — Coupe N.-S. de la mine de Kimberley suivant la ligne AB du plan *fig.* 4, Pl. V, passant par les *claims* 447 à 429. (Décembre 1882. — Extraction par puits, tunnels et passes.) Échelle de 1 à 4.000.

Fig. 4. — Coupe O.-E. de la mine de Kimberley suivant la ligne EF du plan *fig.* 4, Pl. V, passant par les *claims* 768 à 18. (Décembre 1882). Échelle de 1 à 4.000.

Fig. 5. — Coupe transversale de la mine de de Beers suivant la ligne MN du plan *fig.* 5, Pl. V, passant par les *claims* 342 à 888. (Décembre 1882.) Échelle de 1 à 4.000.

Planche IX.

Fig. 1 et 2. — Machine à laver; élévation et plan. Échelle de 1 à 120.

- *w* wagonnet amenant le minerai.
- *t* trémies conduisant le minerai aux trommels.
- *c* trommels séparateurs.
- *p* tables de réception des petites pierres et des petits *lumps*.
- L machines à laver.
- *t'* trémie de réception pour les grosses pierres et les gros *lumps*.
- K table de réception des grosses et des gros *lumps*.
- *ee* conduites et entrées du minerai boueux dans la machine à laver.
- *ss* sorties des boues de la machine à laver.
- *d* canal conduisant les boues déjà lavées.
- *x* chaîne à godets pour relever les boues.
- R cylindre receveur des boues et séparateur des boues sableuses (*tailings*) et des eaux boueuses.
- GG grilles séparatrices des grosses pierres et du minerai d'élite.
- V,V voies d'amenée du minerai.
- *b,b,b* bras de l'agitateur portant les poignards.
- *zz* cylindres des machines à laver.
- H réservoir recevant les boues des machines à laver.
- NN niveau du sol.

Fig. 3 et 4. — Croquis montrant l'exploitation du *blue ground* par procédé direct; projection verticale et plan.

- B bloc à exploiter.
- E éboulis de roche sautée à la mine.
- *mm* coups de mine préparés.
- *vv* voies ferrées.
- *w* wagonnets.
- F fosse aux *tubs*.
- *t* *tub* prêt à être chargé.
- *c* chariot mobile de la recette.
- *rrr* rails du chariot.
- *a* ancrage des câbles.
- *gg* câbles de roulement.
- *e* câble de traction.

Fig. 5. — Croquis montrant l'exploitation du *blue ground* par tunnel et passe.

- BB bloc à exploiter.
- T tunnel.
- P passe.
- C cône d'exploitation.
- *w* wagonnet au chargement.
- *t* *tub*.
- *gg* câble de roulement.
- *e* câble de traction.
- *mm* coups de mine préparés.

Fig. 6. — Croquis montrant le système d'ancrage des câbles de roulement.

- *a* poutre ou tronc d'arbre.
- *a'a'a'* troncs transversaux reliant entre elles les poutres *a*.
- *tt* tiges filetées.
- *o* anneau du câble.
- *pp* pinces boulonnées.

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

GÉOLOGIE GÉNÉRALE DE L'AFRIQUE DU SUD.

CHAPITRE I.

ROCHES ET FORMATIONS SÉDIMENTAIRES ANCIENNES.

CHAPITRE II.

FORMATIONS MARINES.

CHAPITRE III.

FORMATION LACUSTRE TRIASIQUE DES KAROOS.

CHAPITRE IV.

ROCHES ÉRUPTIVES.

CHAPITRE V.

ROCHES DE FORMATION CONTEMPORAINE.

CHAPITRE VI.

CONSIDÉRATIONS GÉOLOGIQUES SUR L'AFRIQUE DU SUD.

DEUXIÈME PARTIE.

MINES DE DIAMANTS.

CHAPITRE I.

PRODUCTION, RICHESSE ET IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTES MINES.

CHAPITRE II.

HISTORIQUE.

CHAPITRE III.

EXPLOITATION DES MINES DE DIAMANTS DU CAP.

CHAPITRE IV.

EXPOSÉ

DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

CONCERNANT

L'AGE ET LA DURÉE DU SERVICE DES MINEURS

Par M. O. KELLER, ingénieur en chef des mines.

En vue de satisfaire au désir exprimé par M. le rapporteur de la commission de la Chambre des députés qui s'occupe de l'examen des différents projets de loi sur le régime des mines, et en particulier de la question des *caisses de retraites* en faveur des mineurs, le département des travaux publics a demandé aux ingénieurs des mines, le 3 novembre 1884, de lui fournir, sans perte de temps, des renseignements aussi complets que possible sur l'âge et le nombre d'années de service des ouvriers employés dans les mines, tout au moins dans les houillères les plus importantes de chaque arrondissement minéralogique, en s'occupant particulièrement des mineurs âgés de plus de quarante-cinq ans.

Conformément à cette demande, les ingénieurs des mines ont recueilli et transmis à l'administration des renseignements circonstanciés, qui ont été dépouillés, au fur et à mesure de leur arrivée, par le service de la statistique minérale (Les derniers ne sont parvenus qu'à

la fin de février). En voici les résultats numériques principaux.

Le nombre des ouvriers sur lesquels a porté l'enquête s'est élevé à 105.413.

Il est vrai que le détail complet de l'âge et des années de service des mineurs n'a été obtenu que pour un certain nombre de départements. En particulier pour le Nord, le Pas-de-Calais, et pour quelques autres peu importants, les indications fournies ne sont précises qu'à l'égard des ouvriers âgés de plus de quarante ou de quarante-cinq ans. D'autre part, les chiffres relatifs au sous-arrondissement de Saint-Étienne comprennent l'ensemble des ouvriers sans distinguer ceux qui travaillent au fond ou à la surface. Mais il a été possible de remédier à ces diverses lacunes, d'une manière approchée, au moyen de calculs proportionnels.

A cet effet, on a d'abord dressé la liste des mineurs, au nombre de 42.071, pour lesquels on a obtenu les renseignements les plus détaillés : 1° par âge; 2° d'après les années de service. Ces ouvriers travaillaient dans les départements suivants : Loire (sous-arrondissement de Saint-Étienne), Gard, Saône-et-Loire, Allier, Bouches-du-Rhône, Isère, Haute-Saône, Ardèche, Rhône, Savoie, Basses-Alpes, Lozère, Vaucluse, Vosges, Loire-Inférieure, Mayenne, Sarthe.

En partant des chiffres obtenus, qu'il serait sans intérêt de reproduire, et en tenant compte des indications partielles recueillies par les ingénieurs dans d'autres départements, notamment pour les ouvriers du Nord et du Pas-de-Calais, on a pu, grâce à des calculs de proportion, composer les listes ci-après :

Répartition des mineurs.

	INTÉRIEUR.	EXTÉRIEUR.	ENSEMBLE.
1° D'après l'âge :			
Ouvriers ayant de 12 à 15 ans	5.019	2.883	7.902
— 16 à 20 —	11.842	3.937	15.779
— 21 à 25 —	9.473	2.324	11.797
— 26 à 30 —	11.793	2.687	14.480
— 31 à 35 —	10.810	2.837	13.647
— 36 à 40 —	9.313	2.648	11.961
— 41 à 45 —	7.949	2.474	10.423
— 46 à 50 —	5.926	2.178	8.104
— 51 à 55 —	3.859	1.641	5.500
— 56 à 60 —	2.208	1.163	3.371
— 61 à 65 —	849	569	1.418
— 66 à 70 —	423	307	730
— 71 à 75 —	106	126	232
— 76 à 80 —	13	47	60
— 81 à 85 —	3	6	9
Totaux..........	79.586	25.827	105.413
2° D'après les années de service :			
Ouvriers ayant de 0 à 20 ans de service.	62.180	21.189	83.369
— 21 à 25 —	7.462	1.774	9.236
— 26 à 30 —	5.045	1.458	6.503
— 31 à 35 —	2.643	692	3.335
— 36 à 40 —	1.276	370	1.646
— 41 à 45 —	576	206	782
— 46 à 50 —	275	76	351
— 51 à 55 —	102	39	141
— 56 à 60 —	22	17	39
— 61 à 65 —	5	6	11
Totaux..........	79.586	25.827	105.413

Dans le courant de 1884, les ingénieurs ont déjà pris des renseignements sur le nombre des ouvriers, hommes, femmes ou enfants, qui ont travaillé dans les mines en 1883; et cette statistique particulière se résume comme il suit :

	MINES DE COMBUSTIBLES.		AUTRES MINES.		ENSEMBLE.
	Inté-rieur.	Exté-rieur.	Inté-rieur.	Exté-rieur.	
Enfants (au-dessous de 16 ans). .	5.371	2.636	114	111	8.232
Hommes...............	75.581	25.546	8.143	2.607	111.877
Femmes...............	»	3.869	»	349	4.218
Totaux..........	113.003		11.324		124.327

D'après ces chiffres, en admettant que la population minière n'ait pas diminué en 1884, il resterait 18.914 ouvriers dont l'enquête n'a pas fait connaître exactement l'âge ni la durée des services.

Mais, au moyen de calculs proportionnels, on arrive à établir d'une façon suffisamment exacte la situation de l'ensemble des ouvriers mineurs, comme l'indiquent les deux tableaux suivants :

Répartition des mineurs.

	INTÉRIEUR.	EXTÉRIEUR.	ENSEMBLE.
1° D'après l'âge :			
Ouvriers ayant de 12 à 15 ans	5.485	2.747	8.232
— 16 à 20 —	13.296	5.555	18.851
— 21 à 25 —	10.636	3.279	13.915
— 26 à 30 —	13.242	3.791	17.033
— 31 à 35 —	12.138	4.003	16.141
— 36 à 40 —	10.457	3.736	14.193
— 41 à 45 —	8.925	3 490	12.415
— 46 à 50 —	6.653	3.073	9.726
— 51 à 55 —	4.333	2.315	6.648
— 56 à 60 —	2.479	1.641	4.120
— 61 à 65 —	953	803	1.756
— 66 à 70 —	475	433	908
— 71 à 75 —	119	178	297
— 76 à 80 —	15	66	81
— 81 à 85 —	3	8	11
Totaux.........	89.209	35.118	124.327
2° D'après les années de service :			
Ouvriers ayant de 0 à 20 ans de service.	69.699	28.819	98.518
— 21 à 25 —	8.364	2.413	10.777
— 26 à 30 —	5.655	1.983	7.638
— 31 à 35 —	2.963	941	3.904
— 36 à 40 —	1.430	503	1.933
— 41 à 45 —	645	280	925
— 46 à 50 —	308	103	411
— 51 à 55 —	114	45	159
— 56 à 60 —	25	23	48
— 61 à 65 —	6	8	14
Totaux.........	89.209	35.118	124.327

Au point de vue des retraites, il est particulièrement intéressant de connaître le nombre des ouvriers âgés de plus de quarante ans ou ayant plus de vingt ans de service. Les tableaux précédents permettent de grouper les mineurs, à cet effet, de la façon suivante :

	PERSONNEL intérieur.	PERSONNEL extérieur.	TOTAL.
1° Ouvriers âgés de plus de 40 ans......	23.955	12.007	35.962
— 45 —......	15.030	8.517	23.547
— 50 —......	8.377	5.444	13.821
— 55 —......	4.044	3.129	7.173
— 60 —......	1.565	1.488	3.053
— 65 —......	612	685	1.297
— 70 —......	137	252	389
2° Ouvriers ayant plus de 20 ans de service.	19.510	6.299	25.809
— 25 —	11.146	3.886	15.032
— 30 —	5.491	1.903	7.394
— 35 —	2.528	962	3.490
— 40 —	1.098	459	1.557
— 45 —	453	179	632
— 50 —	145	76	221

La double relation de l'âge et des années de service ne peut être exprimée d'une façon aussi simple. Les ingénieurs ont obtenu à cet égard, dans différentes exploitations, particulièrement dans celles du Gard, de la Loire, de Saône-et-Loire, des Bouches-du-Rhône, etc., les chiffres les plus complets. Pour les exprimer, ils ont généralement fait usage de tableaux divisés en cases rectangulaires à la façon d'un échiquier; dans la case placée à l'intersection de deux files, l'une horizontale relative à un âge déterminé, l'autre verticale relative à un certain nombre d'années de service, est inscrit le nombre d'ouvriers correspondant à cette double indication. Ce genre de renseignements, d'une précision absolue, a été fourni pour 42.071 mineurs, année par année, depuis l'âge de douze ans, et pour 1.235 autres à partir de quarante-cinq ans seulement. Ailleurs, on s'est contenté d'indiquer la durée moyenne du service des mineurs de différents âges. — Ainsi pour le département du Nord, les chiffres produits peuvent se résumer comme il suit :

AGE.	OUVRIERS DU FOND. Durée moyenne du service.	OUVRIERS DU JOUR. Durée moyenne du service.
40 à 45 ans	20 à 24 années.	11 à 19 années.
46 à 50 —	25 à 29 —	14 à 23 —
51 à 55 —	29 à 34 —	15 à 33 —
56 à 60 —	21 à 39 —	20 à 27 —
61 à 65 —	31 à 40 —	21 à 28 —
Au delà de 65 ans	36 à 44 —	20 à 33 —

Finalement l'ensemble des mineurs se classe comme il suit :

1° Suivant l'âge.

Enfants	7 p. 100.
Ouvriers ayant de 16 à 45 ans	74 —
— 46 à 50 ans	8 —
— 51 à 55 ans	5,3 —
— 56 à 60 ans	3,3 —
Ouvriers au-dessus de 60 ans	2,4 —
Total	100

2° Suivant les années de service.

Ouvriers ayant de 1 à 20 ans de service	79 p. 100.
— 21 à 25 —	9 —
— 26 à 30 —	6 —
— plus de 30 —	6 —
Total	100

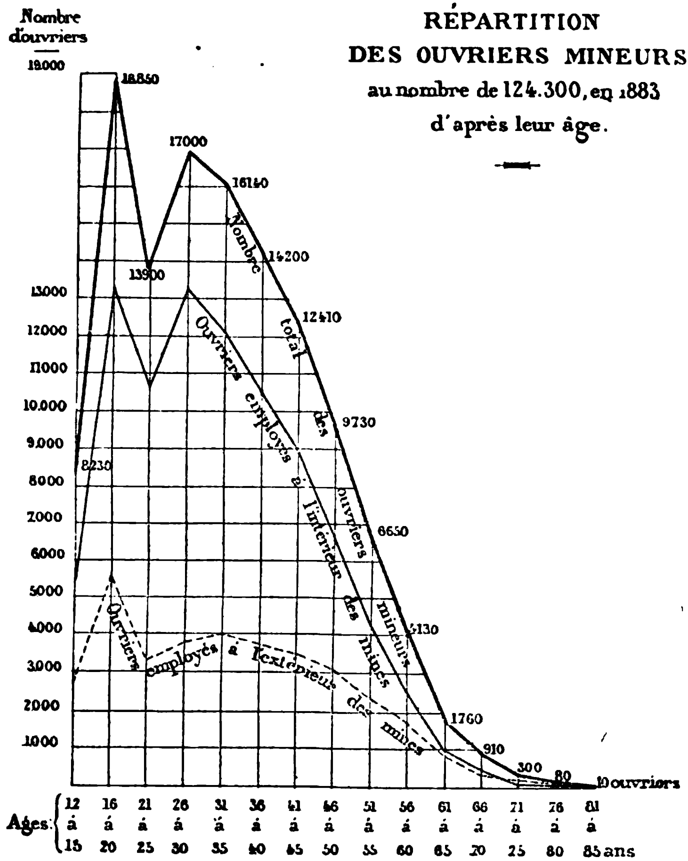
Les chiffres transmis par les ingénieurs sont consignés dans les deux tableaux n° 1 et n° 2 dressés à l'appui de cette statistique. Trois autres tableaux indiquent, par département, la proportion par 1.000, suivant l'âge : 1° des ouvriers de l'intérieur des mines; 2° de ceux de l'extérieur; 3° de l'ensemble des mineurs.

Un sixième tableau donnant le personnel des mines par département, et une carte statistique ayant le même objet sont empruntés à la *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeurs*, pour l'année 1883, et joints au présent rapport (*).

Enfin un diagramme, dont voici la reproduction, repré-

(*) Ces tableaux justificatifs, dont le présent Exposé fournit un résumé suffisamment complet, n'ont pas été insérés dans ce Recueil, en raison de leur étendue.

sente les principales données concernant l'âge des mineurs employés dans l'ensemble de nos mines.



On y voit nettement le vide qu'opère, parmi les jeunes gens, l'appel sous les drapeaux; et ce vide serait plus prononcé, si ceux qui accomplissent leur service militaire n'étaient en partie remplacés dans leur travail par des ouvriers de même âge, de nationalité étrangère.

Paris, 9 mars 1885.

DE LA RÉSISTANCE DU SEL GEMME AUX EFFORTS DE COMPRESSION ET DES CONSÉQUENCES QUI EN RÉSULTENT POUR L'EXPLOITATION DU SEL EN ROCHE

Par M. TOURNAIRE, inspecteur général des mines.

Le sel gemme est exploité souterrainement en Meurthe-et-Moselle, auprès de Saint-Nicolas et de Varangéville, à des profondeurs qui varient entre 115 et 190 mètres, au moyen de galeries se coupant à angle droit, de $4^m,60$ de hauteur et de 10 mètres de largeur moyenne, entre lesquelles on conserve des piliers de section carrée, dont les côtés égalent cette largeur. On laisse intacte au-dessus des galeries la majeure partie de la couche, dont la puissance est de 18 à 23 mètres. Les excavations ainsi opérées ont pris de grandes étendues et occupent aujourd'hui dans l'une des mines plus de 9 hectares, dans l'autre près de 8. Elles sont parfaitement sèches, depuis qu'on empêche par des cuvelages les eaux de la surface et des graviers alluvionnels de pénétrer dans les puits et que les exploitations par dissolution en sont tenues à l'écart : les assises d'argile et de marne qui encaissent la couche de sel sont en effet très imperméables.

Nul boisage n'est nécessaire, et les piliers à angles vifs et à faces bien planes ne donnent aucun signe de faiblesse. Cette stabilité montre que le sel gemme résiste bien à la compression; car, dans les conditions indiquées, les piliers centraux doivent supporter de fortes charges.

Pour vérifier cette déduction et savoir jusqu'à quelles profondeurs on pourra sans danger procéder par la même méthode, j'ai soumis plusieurs échantillons cubiques de sel gemme à des expériences de rupture, M. l'ingénieur en chef de Perrodil, chargé des recherches statistiques sur les matériaux de construction, ayant bien voulu me prêter son concours et me donner toute facilité de me servir de l'un des appareils d'essai que l'administration des ponts et chaussées possède à Paris.

J'ai reçu de la mine de Saint-Nicolas quinze échantillons pris, par série de trois, dans la masse exploitée, à cinq niveaux différents, échelonnés du mur au toit, en outre des échantillons d'un banc de sel, à structure en partie fibreuse, qui se trouve à 25 centimètres au-dessous de la couche, d'un lit de marne, d'un gris clair, un peu feuilletée, contenant du sel en minces veinules interstratifiées, en veinules transversales et en nodules, qui se trouve directement au mur, d'une veine argileuse traversant verticalement la masse et contenant de petits cristaux de sel irrégulièrement disséminés.

Le sel gemme, de couleur ordinairement un peu grise, parfois jaunâtre, demi-translucide, est constitué d'un agrégat de cristaux, fortement soudés entre eux.

J'ai obtenu pour sa pesanteur spécifique, en la déterminant d'après les poids et les dimensions des cubes, de 2,12 à 2,22, la moyenne ayant été de 2,15, nombre un peu faible parce que les angles des cubes, dont quelques cristaux s'étaient détachés pendant la taille, présentaient des ébréchures.

Cinq des échantillons de sel pris dans la masse exploitée

ont été essayés tels qu'ils étaient après la taille; cinq ont préalablement été soumis, durant six jours, à la chaleur d'une étuve à vapeur d'eau, qui élevait leur température entre 70 et 80 degrés; les cinq autres ont été, durant huit jours, placés dans une fosse où l'atmosphère est très humide et d'où ils n'ont été retirés qu'au moment de l'expérience. Ces différences d'exposition n'ont pas eu d'influence sensible sur les résistances, non plus que sur les pesanteurs spécifiques, ce qui tient à l'absence de toute porosité. Dans un air saturé d'humidité les morceaux de sel gemme se mouillent extérieurement et finiraient ainsi par fondre, mais l'eau ne pénètre pas dans leur intérieur.

Les cubes avaient été taillés de telle manière que deux de leurs faces correspondissent au plan de stratification de la couche dont les échantillons étaient extraits, et les pressions ont été exercées sur ces faces.

Les efforts qui ont déterminé les ruptures complètes ont été compris entre 332 et 461 kilogrammes par centimètre carré, leur moyenne ayant été 393 kilogrammes. Les premières fissures apparentes se sont produites entre 272 et 394 kilogrammes, avec la moyenne de 318 kilogrammes. Ce sont d'énergiques résistances, supérieures à celles qu'on aurait présumées à priori, et sous ce rapport le sel gemme est comparable aux très bonnes pierres calcaires.

Les échantillons du banc de sel un peu fibreux, situé au mur, ont montré un peu moins de solidité, s'étant rompus aux charges de 348 et 370 kilogrammes et ayant éprouvé des fissures sous celles de 238 et de 361; même l'un d'eux n'a porté que 240 kilogrammes (*).

(*) On lit à la page 85 du tome II de l'*Explication de la carte géologique de France* par Dufrénoy et Élie de Beaumont, que la moyenne de six expériences exécutées par Levallois, principalement sur du sel gemme gris, indique une résistance à la rup-

Les pressions faisaient naître des modifications d'état moléculaire : de nouvelles facettes de clivage s'éclairaient subitement à l'intérieur de la matière translucide, et leurs apparitions s'accompagnaient de crépitements. Cette observation est à rapprocher d'un fait que les exploitants m'ont signalé : on entend souvent crépiter les blocs qui viennent d'être détachés par la poudre.

La marne du mur a cédé aux pressions de 126 et de 147 kilogrammes, s'étant fendue sous celles de 100 et de 142.

Enfin pour la veine argileuse verticale la résistance a été de 172 et de 175 kilogrammes. Dans la fosse humide elle s'est spontanément désagrégée en partie.

D'après les nombres précédents on peut admettre qu'une mine de sel gemme, découpée comme le sont celles de Meurthe-et-Moselle, serait en très grand péril si les piliers venaient à supporter des charges de 300 kilogrammes par centimètre carré, et que la prudence commanderait d'aménager autrement les travaux dès que les charges atteindraient ou dépasseraient 200 kilogrammes, en augmentant la proportion des pleins aux vides, soit par une plus grande largeur donnée aux piliers, soit par la substitution à ces piliers de massifs en forme de murs épais.

La pesanteur spécifique moyenne des terrains recouvrant le gîte étant estimée à 2,2, au centre d'une mine dans laquelle les pleins n'occuperaient que le quart de la surface et qui prendrait assez de développement pour rendre à peu près inefficace la résistance opposée aux effondrements par la cohésion des assises supérieures (*),

---

ture de 352.000 kilogrammes par mètre carré : un zéro manque évidemment à ce nombre.

(*) Voir à ce sujet, dans la troisième livraison de 1884, l'article intitulé : « *Des dimensions à donner aux piliers des carrières.* »

ces pressions se manifesteraient à 340 et 225 mètres du jour environ.

Or, si, dans l'avenir, les exploitations en roche, qui jusqu'à présent sont restées voisines de la Meurthe et du Sanon, se prolongent ou s'établissent sous les plateaux situés aux nord de ces rivières, elles pourront arriver à de semblables profondeurs; un sondage récemment exécuté dans la commune de Gellenoncourt, à 4.900 mètres du Sanon, n'a trouvé qu'à 282 mètres le mur de la couche dans laquelle sont les mines de Saint-Nicolas et de Varangéville.

La mine de Saint-Nicolas a subi un grand effondrement en 1873. La somme des sections pleines n'était guère alors que le sixième de la surface totale; cependant la ruine de l'exploitation ne paraît pas avoir eu pour cause une insuffisance originelle des dimensions des supports. On y introduisait systématiquement de l'eau en grande quantité, qui, lancée en jets vigoureux, était employée pour creuser les entailles préliminaires de l'abatage; les argiles et marnes du mur, imprégnées de sel, avaient été détrempées et transformées en une masse molle, et les piliers s'y sont enfoncés. Une note insérée aux *Annales des Mines* (tome IV, 6e livraison de 1873) a rendu compte de cet accident, qui a démontré que dans les gîtes de sel l'affluence et la circulation de l'eau sont incompatibles avec la conservation des cavages souterrains.

ETUDE

SUR LES

GISEMENTS DE PHOSPHATE DE CHAUX

DU CENTRE DE LA FRANCE.

Par M. DE GROSSOUVRE, ingénieur des mines.

AVANT-PROPOS.

En 1881, M. le ministre des travaux publics nous invita à rédiger une notice sur les gisements de phosphate de chaux dont nous avions, dans nos rapports de l'année précédente, signalé l'existence aux environs d'Argenton et de Neuvy-Saint-Sépulchre.

Ces gisements ayant été mis en exploitation dès cette même année 1881, nous pûmes depuis lors suivre les travaux et noter les diverses circonstances intéressantes que l'exploitation a mises en évidence; nos explorations nous amenèrent, en même temps, à reconnaître l'existence d'autres horizons phosphatés.

Dans cette note, nous nous proposons non seulement d'étudier ces divers gisements, mais aussi ceux qui ont été signalés ou mis en exploitation, à divers niveaux, dans le Cher et la Nièvre.

L'importance toujours croissante de l'exploitation de

cette substance, si précieuse pour l'agriculture, justifiera cette extension de notre travail.

Dès la découverte, en Angleterre, des premiers gisements de phosphates fossiles, Liebig, prévoyant déjà toute l'importance que leur exploitation prendrait un jour, écrivait : « L'Angleterre trouvera, dans les débris fossiles « de la vie animale des temps antédiluviens, les moyens « d'augmenter sa production agricole, de même qu'elle a « trouvé, dans les restes de la végétation des époques « géologiques, le plus puissant auxiliaire de sa production « manufacturière. »

Ces paroles prophétiques de l'illustre chimiste n'ont heureusement reçu qu'une confirmation partielle : l'exploitation des gisements de phosphate a bien pris un développement considérable, mais la France a, sur ce point, primé l'Angleterre, et, chaque année, les agriculteurs de ce pays viennent chercher chez nous des quantités énormes de cette substance nécessaire pour entretenir et accroître la fertilité de leurs terres ; il est vrai que, chaque année aussi, nous leur en rachetons une certaine partie après qu'ils l'ont élaborée sous diverses formes.

Aujourd'hui, l'agriculture non seulement utilise le phosphate de chaux comme engrais, mais elle l'emploie aussi directement dans l'alimentation du bétail, et divers essais faits dans cette voie paraissent avoir eu d'heureux résultats.

Nous pensons donc qu'il peut y avoir quelque intérêt à faire une étude d'ensemble des divers gisements de notre région et à signaler même les niveaux où le phosphate de chaux n'existe pas en assez grande abondance pour qu'il soit susceptible d'exploitation, car ils peuvent le devenir dans une autre contrée, et dès lors il y a utilité à faire connaître leur existence.

Le présent travail sera purement géologique et chimique : les conditions d'exploitabilité des gisements, les

procédés d'exploitation et de préparation mécanique sont aujourd'hui assez connus pour qu'il n'y ait pas lieu d'insister sur ces détails. Au contraire, la région que nous considérons a encore été peu étudiée au point de vue géologique : il est donc utile de la signaler à l'observation des explorateurs, aussi bien pour sa richesse paléontologique que pour sa richesse minérale. L'étude chimique des nodules phosphatés est également digne d'intérêt à divers points de vue que nous indiquerons au cours de cette note.

Nous n'avons point l'intention de faire ici un historique de la découverte et de la mise en exploitation des gisements de phosphate de chaux; nous ne pouvons que renvoyer, pour cette question, au mémoire de M. Élie de Beaumont sur l'utilité agricole et les gisements géologiques du phosphate, et à l'intéressante notice publiée par M. Daubrée dans les *Mémoires de la Société impériale et centrale d'agriculture* (1868). Nous rappellerons seulement les faits relatifs à la question spéciale que nous traitons.

C'est M. Isidore Merle, ancien exploitant de phosphates dans le midi de la France, qui paraît avoir le premier reconnu, vers 1871, la présence du phosphate de chaux dans les graviers supérieurs du Gault, du Cher et de la Nièvre; depuis cette époque, ces gisements ont été mis en exploitation et l'extraction s'est continuée jusqu'à ce jour sans interruption.

Les gisements du lias ont été signalés dans l'Auxois pour la première fois par M. Collenot, vers 1874, dans la zone de l'*Am. stellaris* et ont été exploités vers la fin de 1876. Les nodules, trouvés autrefois dans le limon de ce pays et analysés par Berthier, provenaient de ce niveau : c'est donc à tort qu'on les avait rattachés à la formation sidérolithique.

En 1877, les gisements de ce même niveau furent re-

connus dans le Cher, aux environs de La Guerche, principalement sur le territoire de la commune de Germigny. Exploités d'abord avec une ardeur fiévreuse, ils furent abandonnés dès 1880, en raison des difficultés du lavage, de la qualité médiocre des nodules, et peut-être aussi à cause des prix élevés payés par les exploitants aux propriétaires du sol.

Aujourd'hui, les gisements liasiques sont toujours exploités dans l'Auxois et sur divers points de la Nièvre.

Les phosphates de l'Indre, dont l'exploitation remonte à 1881, se trouvent dans le lias à un niveau un peu plus élevé que le précédent; les travaux d'extraction occupent actuellement, pendant certaines périodes de l'année, plus de deux cents ouvriers.

Dans le courant de l'année dernière, nous avons reconnu, à la base du lias supérieur, un cordon de fossiles et de nodules phosphatés, trop peu riche, il est vrai, pour être exploitable dans les points où nous l'avons observé.

On voit, néanmoins, que le système jurassique paraît être aussi riche en horizons phosphatés que le système crétacé où ils ont été signalés pour la première fois, et où un grand nombre de niveaux ont été reconnus. Il est donc probable que les gisements de phosphate de chaux sont beaucoup plus abondants dans la série des terrains stratifiés qu'on ne le pense généralement, et que si on ne les a pas encore tous reconnus, c'est que l'état sous lequel se présente cette substance n'a rien qui puisse attirer sur elle l'attention.

Nous examinerons les divers gisements dans l'ordre de leur succession dans le temps; nous ne parlerons ici que pour mémoire des minéraux phosphatés qui existent dans, les terrains primitifs de la région, tels que l'apatite de Chanteloube (Haute-Vienne), et plus encore l'amblygonite de la mine de Montebras (Creuse), car ce dernier minéral existe en masses considérables qui constituent un

véritable gîte de phosphate de chaux associé au filon stannifère.

DESCRIPTION DES GISEMENTS.

PÉRIODE LIASIQUE.

Le lias occupe, dans le Berry, une bande de terrain dont les limites sont nettement accusées par la configuration du sol; d'un côté, par la grande falaise que forment les argiles du lias supérieur, et, de l'autre, par les petits plateaux du calcaire infra-liasique, au delà desquels commence le sol plus accidenté des marnes et des grès rhétiens et triasiques.

Le sol liasique constitue, au point de vue agricole, la région la plus riche du Berry, et la présence des divers niveaux phosphatés qui y existent n'est pas sans influence sur cette fertilité. Il est à croire que si l'acide phosphorique est concentré, par place, en rognons et en couches, il est probablement aussi disséminé dans toute la masse avec une certaine abondance, et l'on sait que les sols qui en contiennent 1 à 2 millièmes en sont suffisamment pourvus ; or, l'acide phosphorique étant un des éléments de fertilité qui manque le plus ordinairement, il est assez naturel de penser que la qualité du sol liasique doit être attribuée en partie à cette cause.

La bande liasique vient buter, à l'est, contre la grande faille de Sancerre, aux environs de La Guerche, Vereaux et Sancoins, puis elle se dirige vers Saint-Amand dans la direction S.-S.-O., en décrivant un arc de cercle dont la courbure diminue de plus en plus vers l'ouest. A partir de Saint-Amand, elle suit une directión sensiblement rec-

tiligne, orientée à peu près E.-O., en passant par La Châtre, Cluis, Neuvy-Saint-Sépulchre, Argenton, pour se continuer de là dans le Poitou, par la Trémouille, en diminuant progressivement de largeur.

Dans tout ce parcours, mais notamment aux environs de la faille de Sancerre, et entre celle-ci et Saint-Amand, le lias subit de nombreuses dislocations dont l'étude n'offre, dans la question actuelle, qu'un médiocre intérêt; aussi allons-nous aborder immédiatement l'examen de ses divers étages, assez variables d'ailleurs dans leur facies sur les divers points de la région que nous venons d'indiquer.

Cependant, nous signalerons en passant deux accidents assez singuliers que nous avions observés, il y a déjà quelques années, et sur lesquels une intéressante note (*) de notre camarade M. Marcel Bertrand vient d'attirer à nouveau notre attention; ils rentrent dans la catégorie de ce qu'il appelle *des bassins d'affaissement*, et consistent en lambeaux de terrain stratifiés, isolés complètement au milieu d'autres plus anciens, avec disparition des assises intermédiaires. Ils sont donc limités, en quelque sorte, par une faille en courbe complètement fermée.

Dans le cas présent, le nom de bassins serait un peu prétentieux, car les lambeaux en question n'ont qu'une superficie très minime, de quelques ares à peine : ils constituent plutôt des remplissages de poches.

L'un d'eux, au sud de Saint-Amand, sur le plateau de Pellevoisin, est formé par des marnes argileuses du lias inférieur et du lias moyen isolées au milieu du calcaire infraliasique; le second, sur la rive gauche du Cher, un

(*) Failles courbes dans le Jura et bassins d'affaisement, par M. M. Bertrand (*Bull. Soc. géol.*, 3e série, t. XII, p. 452) (séance du 21 avril 1884).

peu au-dessus du petit village de la Roche, par les marnes de la partie moyenne du lias inférieur enclavées également dans le calcaire infraliasique.

Nous prendrons comme type du lias de notre région, celui des environs de Saint-Amand, non parce qu'il y existe quelque niveau phosphaté, car malgré toutes nos recherches nous ne sommes parvenu à en découvrir aucun, mais parce que cette localité est devenue, en quelque sorte, classique par sa richesse en fossiles et par les travaux de d'Orbigny, qui en a tiré beaucoup de types de ses ammonites liasiques. L'étude stratigraphique des couches y est néanmoins difficile, car on ne peut y relever une coupe complète et continue de tout le système, en raison des nombreuses dislocations qui ont donné aux environs de Saint-Amand leur aspect mouvementé et pittoresque, et d'un contraste si frappant avec la monotonie des plaines jurassiques, qui, vers le nord, s'étendent jusqu'au pied des falaises crétacées.

Le système liasique comprend cinq divisions :

Grès infra-liasique ou étage rhétien;
Calcaire infra-liasique ou étage hettangien;
Lias inférieur ou étage sinémurien;
Lias moyen ou étage liasien;
Lias supérieur ou étage toarcien.

Les deux étages extrêmes, qui constituent des zones de passage avec le keuper et l'oolithe inférieure, ont donné lieu à de nombreuses controverses sur la place qu'ils devaient occuper dans la classification; il en a été de même pour les limites des divers étages dont les zones extrêmes ont été souvent discutées. Nous adopterons ici la classification suivie par la majorité des géologues français.

Le lias aux environs de Saint-Amand.

Étage rhétien. — Les assises de cet étage peuvent s'observer dans les tranchées du chemin de fer entre Saint-Amand et Ainay-le-Vieil, dans les carrières de La Groutte ou dans les anciennes exploitations de la côte de Pellevoisin, sur la route de Montluçon.

L'étage est formé de 10 à 12 mètres de grès, qui présentent la plus grande analogie avec ceux du même âge de la Bourgogne et de la Lorraine.

Ils sont superposés à des marnes rouges, à des grès à ciment calcaire et dolomitique, et à des bancs de dolomie qui représentent les étages supérieurs du trias et dans lesquels on trouve, un peu à l'est de Saint-Amand, des amas de gypse. Cet ensemble recouvre des grès à ciment siliceux ou feldspathique, très développés au sud de Saint-Amand où ils paraissent posséder une épaisseur énorme. Si on s'en rapporte à leur ressemblance avec les grès des environs d'Autun et de Chalon-sur-Saône, qui occupent la même position, il y lieu de les considérer comme l'équivalent du grès vosgien (*).

Les assises de l'étage rhétien ne présentent dans les environs de Saint-Amand aucuns débris fossiles qui permettent de fixer leur âge. On trouve bien, à leur partie supérieure, une couche d'argilithe verdâtre avec nombreuses empreintes de bivalves, mais elles sont indéterminables. Ce n'est que plus à l'est, près de La Châtre, que M. Maurice Sand a signalé à ce niveau des jaspes fossilifères contenant la faune rhétienne bien caractérisée.

On trouve dans les assises supérieures, plusieurs lits d'argiles sableuses, avec écailles de poissons et petits

---

(*) *Bull. Soc. géol.*, Pellat. 2e série, t. XXII, p. 545; 3e série, t. IV, p. 741; et Coquand, 2e série, t. XIV, p. 13.

os. L'abondance de ces derniers, dans certaines régions, a valu à cet étage le nom de bone-bed et pourrait même permettre, à la rigueur, de le considérer comme un niveau phosphaté.

Cet étage fournit des grès exploités comme pierre de taille et des sables kaoliniques utilisés pour la fabrication de la pâte à porcelaine.

Il se relie au suivant par une alternance d'argilithes verdâtres et de calcaires marneux jaunes dolomitiques, qui offrent, dans les coupes, un aspect rubanné tout particulier. Nous retrouvons cette apparence sur tous les points de la bande liasique que nous considérons et nous l'avons même observée sur le versant méridional du plateau central, dans les départements de la Corrèze et de la Dordogne.

Étage hettangien. — La partie inférieure de cet étage est formée par un calcaire très compacte, à pâte très fine, blanc jaunâtre ou gris, quelquefois bleuâtre, en bancs bien réguliers, exploité dans un grand nombre de carrières sous le nom de *calcaire pavé*. Il fournit de bons matériaux de construction, des pierres de taille, des pavés, des moellons, tous très recherchés dans les constructions.

Au-dessus de ces assises, qui atteignent une épaisseur de 10 à 15 mètres, on trouve un banc marneux, de $0^m,60$ à $0^m,80$, pétri d'une quantité considérable de petites *Ostrea irregularis* avec quelque gastropodes, notamment des natices (*Natica obliqua*, *N. carinata*, *N. obtusa*).

A ce banc succèdent 20 à 30 mètres d'assises calcaires séparées par des lits marneux plus ou moins développés. Tout cet ensemble est remarquable par la régularité des couches, qui donne aux fronts de taille des carrières l'aspect d'un mur appareillé.

Ces calcaires sont souvent dolomitiques, et les assises

les plus élevées présentent fréquemment une couleur blonde ou brune parsemée de taches noirâtres.

Ils sont très pauvres en fossiles; cependant, vers Bouzais, on observe un calcaire dolomitique en relation intime avec eux qui offre une faune de gastropodes et de lamellibranches très abondante; on y retrouve toutes les formes hettangiennes, mais la présence des *Ammonites Bucklandi* et *Am. bisulcatus* le rattache à l'étage sinémurien.

On voit, par suite, qu'il existe une liaison intime entre le calcaire infra-liasique et le lias inférieur, et que la limite des deux étages est placée au milieu d'un ensemble de bancs calcaires dont la base est hettangienne. Elle ne correspond donc pas au changement de faciès que nous allons constater tout à l'heure; aussi, en résulte-t-il que la limite est peu nette au point de vue paléontologique, puisque l'on continue à rencontrer un certain nombre de formes qui ont persisté depuis les assises de la base jusqu'au sommet.

Étage sinémurien. — Cet étage comprend, à la partie inférieure, des assises calcaires et, à la partie supérieure, des assises argileuses.

Les premières forment, avec celles dont nous venons de parler, la zone de l'*Am. Bucklandi;* elles n'ont qu'une épaisseur de quelques mètres et sont constituées par des bancs noduleux de calcaire marneux, gris, présentant souvent une texture grenue et contenant des gryphées de taille médiocre. Une de ces assises offre particulièrement une très grande quantité de *Mactromya cardioides*, Phill.; l'abondance de ce bivalve paraît bien caractériser ce niveau sur la plus grande partie de la bande liasique dont nous nous occupons.

Nous trouvons, en outre, comme principaux fossiles de cette zone : *Belemnites acutus*, *Ammonites Bucklandi*,

Am. bisulcatus, *Am. kridion*, *Spiriferina Valcotti*, *Terebratula perforata*, des limes, des peignes, etc.

Les assises supérieures, que nous pouvons appeler zone de la *Terebratula cor*, quoique ce fossile apparaisse déjà dans la zone de l'*Am. Bucklandi*, se distinguent des précédentes par leur nature minéralogique; elles sont formées, sur une épaisseur de 20 à 30 mètres au moins, de marnes argileuses alternant avec des bancs noduleux de calcaires gris marneux. Ces marnes sont souvent exploitées pour l'amendement des terres.

Les gryphées, relativement rares dans les assises calcaires, pullulent à ce niveau; elles sont très variables de formes et, en général, s'éloignent du type de la *Gryphœa arcuata* à crochet très développé et se rapprochent de celui de la *Gr. obliqua* et de la *Gr. cymbium*. On peut dire d'ailleurs qu'il existe toutes les formes intermédiaires entre ces divers types.

Nous avons rencontré, mais très rarement, quelques échantillons se rapprochant beaucoup de la *Gryhœa arcuata* par leur forme étroite et allongée, leur crochet très fortement développé et recourbé, et leur sillon longitudinal très accentué.

Le plus souvent les coquilles ont le crochet étroit, soit recourbé comme dans la *Gryphœa obliqua*, soit très court comme dans la *Gryphœa cymbium;* leur forme est tantôt régulièrement elliptique, tantôt elle présente un élargissement très prononcé sur un des bords, de manière à devenir presque triangulaire. La petite valve est presque toujours un peu concave avec des stries d'accroissement tantôt régulières, tantôt irrégulières. Le sillon de la grande valve est parfois bien creusé, parfois presque effacé.

En résumé, on voit qu'on se trouve en présence d'une forme mal fixée, susceptible de grandes variations, et dont il est difficile de rapporter les divers individus à des types nettement définis; il est d'ailleurs impossible

d'établir, dans l'ensemble des variations que nous signalons, un ordre chronologique; dans les assises les plus inférieures, nous trouvons des gryphées qui se rapprochent de la *Gryphœa obliqua* et de la *Gr. cymbium*, tandis que dans les supérieures, nous trouvons quelques formes très voisines de là *Gryphœa arcuata*.

Un autre fossile très abondant de ce niveau est la *Terebratula cor*, qui présente également de nombreuses variations et qui a reçu, par suite, un grand nombre de dénominations; elle est tantôt plate, tantôt plus ou moins renflée, et même presque sphérique, à bord frontal plus ou moins échancré, le plus souvent presque circulaire, mais parfois très allongée.

Avec elle, nous trouvons deux autres térébratules du même groupe, les *Terebratula perforata* et *T. Darwini*, et une térébratule dont l'abondance caractérise également ce niveau, la *T. subpunctata*.

Nous citerons, parmi les autres brachiopodes, *Spiriferina Walcotti* et *Sp. pinguis*, parmi les céphalopodes, *Belemnites acutus* et un grand nombre de lamellibranches, notamment des peignes , *Pecten textorius*, *P. acutiradiatus*, enfin *Harpax spinosus*, ce dernier assez fréquent.

La faune de ces assises est donc caractérisée par l'abondance des brachiopodes et des lamellibranches, notamment des gryphées et des peignes. Ces divers fossiles paraissent exister sur toute la hauteur et ne peuvent permettre d'y distinguer des zones différentes. Par contre, les ammonites, qui d'ailleurs y sont assez rares, s'y répartissent à des niveaux distincts et caractérisent les zones suivantes :

1° Zone de l'*Am. obtusus;* 2° zone de l'*Am. oxynotus;* 3° zone de l'*Am. raricostatus*.

Cette dernière n'a qu'une faible épaisseur, mais elle présente une faune bien différente des précédentes : les

brachiopodes et les lamellibranches y sont rares, tandis que l'on y trouve une grande quantité d'ammonites pyriteuses, toujours d'assez petites dimensions et quelques gastropodes.

Les ammonites les plus abondantes, sont :

Ammonites raricostatus, *Am. planicosta*, *Am. spiratissimus*, *Am. carusensis.*

Étage liasien. — La faune de cet étage offre, à Saint-Amand, un contraste frappant avec celle de l'étage inférieur : les brachiopodes s'y montrent beaucoup moins nombreux, les lamellibranches sont relativement rares ; mais les céphalopodes, par leur abondance en espèces et en individus, lui donnent un caractère spécial.

Les bélemnites, qui ne sont représentées dans le lias inférieur que par une seule espèce, prennent, dans cet étage un grand développement, en espèces et en individus.

Les ammonites, très communes et bien conservées à l'état pyriteux, se répartissent sur toute la hauteur d'une manière très régulière et très constante ; certaines espèces sont cantonnées exclusivement à certains niveaux, où elles se sont propagées avec une abondance extraordinaire, sans qu'on puisse parvenir à en trouver un seul individu en dehors des limites de ceux-ci. Cette stricte localisation des espèces est d'autant plus digne d'être notée qu'elle a lieu dans un ensemble d'assises dont la nature minéralogique varie très peu.

On distingue, dans cet étage, une série de zones qui nous paraissent, au point de vue des affinités paléontologiques, pouvoir se grouper en deux sous-étages.

Sous-étage inférieur.

Zone de l'*Am. Jamesoni*, zone de l'*Am. ibex*, zone de l'*Am. Davœi.*

Sous-étage supérieur.

Zone de l'*Am. margaritatus*, zone de l'*Am. spinatus*.

Dans le sous-étage inférieur, les ammonites du groupe des *capricorni* prennent un grand développement, tandis que le sous-étage supérieur est caractérisé principalement par des *amalthei*. Nous ajouterons accessoirement que, dans les environs immédiats de Saint-Amand, les brachiopodes existent encore en plus ou moins grande abondance dans le sous-étage inférieur, mais qu'ils font complètement défaut dans l'autre.

Enfin, il convient d'observer, au point de vue pétrographique, que les marnes de cet étage deviennent de plus en plus calcaires à mesure que leur niveau est plus élevé ; elles sont exploitées en un très grand nombre de points pour l'amendement des terres.

Les assises inférieures du lias moyen peuvent être étudiées dans les tranchées du canal, au bois de Trousse et dans la vallée des Cottards.

Les tranchées du bois de Trousse sont particulièrement intéressantes, parce que l'on peut y suivre facilement la succession des couches.

Les tranchées sont ouvertes, à l'est, dans la partie supérieure du sinémurien; on y trouve les ammonites pyriteuses de la zone à *Am. raricostatus*.

Au-dessus, des schistes calcaires feuilletés, avec très nombreuses concrétions pyriteuses, ne renferment que des bélemnites; mais ces fossiles s'y trouvent en abondance prodigieuse : ce sont *Bel. brevis* et *Bel. exilis*.

Ces schistes paraissent dans cette région atteindre une puissance qu'on ne peut guère estimer à moins d'une vingtaine de mètres; au milieu d'eux, on rencontre une épaisseur de 2 mètres à 2^m,50 d'argile alternant avec des bancs calcaires et présentant une faune très diffé-

rente de la précédente ; ce sont pricipalement *T. numismalis*, *T. indentata* et *Spiriferina pinguis*, avec quelques petites ammonites pyriteuses.

On voit ici un exemple très frappant de l'influence du facies sur la faune, puisque nous avons deux dépôts du même âge qui offrent deux faunes contemporaines bien distinctes.

Aux schistes feuilletés succèdent des argiles qui ramènent la faune des brachiopodes, puis apparaissent une multitudes de petites ammonites pyriteuses : *Am. lynx*, *Am. Loscombi*, *Am. Jupiter*, d'Orb. (*), *Am. Taylori*, et de nombreux gastropodes et lamellibranches également de petite taille.

On trouve, au-dessus, l'*Am. armatus*, *Am. Jamesoni*, *Am. brevispina*, *Am. muticus;* il semble donc que l'*Am. lynx* occupe un niveau un peu inférieur à celui de l'*Am. Jamesoni*.

On trouve la faune de la zone de l'*A. ibex* aux Cottards où elle est, d'ailleurs, mélangée à la surface, par le ravinement des eaux, avec celle de la zone précédente, on y recueille en abondance : *Bel. Bruguieri*, *Bel. umbilicatus*, *Am. ibex*, *Am. centaurus*, *Am. Henleyi*, *Am. Bechei*, *Am. Maugenesti*, *Am. bipunctatus*, *Am. Actæon*, *Am. pettos*, *Am. Loscombi*, *Terebratula numismalis*, *Rhynchonella rimosa*, *Rh. furcillata*, et un certain nombre de petits gastropodes et de lamellibranches qui ne paraissent pas différer de ceux de la zone inférieure.

La zone de l'*A. Davœi*, formée par des marnes calcaires, est beaucoup moins riche que les précédentes ; le fossile le plus abondant de ce niveau est l'*A. sinuosus* (du groupe des *capricorni*) ; l'*A. fimbriatus* et

(*) Cette ammonite ne serait, d'après Oppel, que le jeune de l'*Am. hybrida*.

l'*A. Loscombi*, qui passent dans la zone suivante, s'y rencontrent également.

L'*A. Davœi* est très rare aux environs de Saint-Amand.

La zone de l'*Am. margaritatus* formée, elle aussi, de marnes calcaires, apparaît dans un assez grand nombre de points autour de Saint-Amand; le fossile, qui donne son nom à cette zone, y est excessivement commun et constitue à lui seul la plus grande partie de la faune; on y rencontre encore, mais en bien moins grande quantité, l'*Am. Loscombi*, l'*A. globosus*, *A. Normanianus*, d'Orb., *A. Kurri*, Opp., *Bel. Bruguieri*, *Bel. clavatus*.

La zone supérieure, constituée par des marnes beaucoup plus calcaires que les précédentes, renferme l'*Am. spinatus* en très grande quantité avec des *Bel. Bruguieri* de très grande taille, le *Pecten æquivalvis* et *Harpax pectinosus*.

Étage toarcien. — Le lias supérieur débute par un lit peu épais rempli d'*Am. Holandrei* de petite taille et pyriteux, et recouvert par une alternance de marnes schisteuses avec posidonies et de calcaires qui se divisent facilement en feuillets. Sur leurs débits on rencontre fréquemment des empreintes de poissons; c'est identiquement le niveau des calcaires de Rome-Château, près Mazenay, des miches de la Caine et Curcy, des schistes de Boll, etc., et il est digne de remarque combien grandes sont l'extension et la constance des caractères de ce niveau, si peu développé en puissance. On peut en conclure l'uniformité du régime des mers dans lesquelles se sont déposés les sédiments liasiques.

Au-dessus de ces lits calcaires, on retrouve les schistes à posidonies sur une épaisseur de 15 à 20 mètres, puis des argiles avec rognons ovoïdes calcaires contenant la faune caractéristique de la zone inférieure avec

absence complète de brachiopodes : *Am. bifrons*, *Am. communis*, *Am. crassus*, *Am. mucronatus*, *Am. cornucopiæ*, *Am. complanatus*, *Am. serpentinus*, *Bel. acuarius*, *Bel. Oppeli*.

A la partie supérieure est un lit où abondent, avec l'*Am. bifrons*, toute une série de gastropodes et de bivalves bien conservés, qu'on rencontre partout à ce même niveau dans le lias supérieur de la France.

Les principaux fossiles sont : *Pecten pumilus*, *Leda rostralis*, *Nucula Hammeri*, *Turbo capitaneus*, *Littorina subduplicata*, *Thecocyathus mactra*.

Au-dessus, l'étage se continue par des argiles plastiques, exploitées sur un assez grand nombre de points comme terre à briques, à la partie supérieure desquelles on trouve des plaquettes gréseuses micacées, avec nodules de fer carbonaté. Plus à l'est, cette formation sableuse acquiert une puissance notable.

Le lias supérieur se termine par une alternance d'argiles et de calcaires durs, gris, rougeâtres, avec taches ferrugineuses.

Les principaux fossiles sont : *Belem. Rhenanus*, *Bel. irregularis*, *Am. radiosus* v. Seebach, *Gryphæa Beaumonti*, *Ostrea sarthacensis*, *Rhynchonella cynocephala*, *Terebratula ovoïdes*, *Ter. infra-oolithica*, en outre des trigonies, des astartes, etc.

On voit donc réapparaitre ici les brachiopodes qui vont devenir si nombreux pendant la période oolithique.

Gisement des environs de Germigny.

Les couches du lias, aux environs de Germigny, ne diffèrent guère de celles de Saint-Amand.

Leur succession est seulement plus difficile à suivre, à cause de l'absence de bonnes coupes. Les prairies qui couvrent tout le sol de cette région masquent les affleu-

rements et ne permettent pas l'observation des couches et des fossiles; toutefois, on peut reconnaître que les étages ont subi quelques modifications minéralogiques.

Au nord, une grande falaise, formée par les argiles du lias supérieur et couronnée par le calcaire à entroques, marque la limite des assises liasiques qui, vers l'est, viennent buter contre la faille de Sancerre; de l'autre côté de celle-ci on rencontre les couches calcaires et marneuses de l'oxfordien, du bathonien et du bajocien. La région ainsi délimitée est désignée sous le nom de vallée de Germigny; elle est couverte de riches prairies où s'élève et s'engraisse un nombreux bétail.

Au sud-est de cette région herbagère apparaissent les plateaux calcaires du lias et de l'infra-lias, qui donnent de bonnes terres de culture, très favorables à la végétation des céréales et des prairies artificielles.

Les calcaires de l'infra-lias sont ici plus durs et plus compactes que dans les environs de Saint-Amand; ils sont gris jaunâtres et fournissent des matériaux de construction de très bonne qualité.

Les assises à *Ter. cor* du lias inférieur sont bien différentes de celles de Saint-Amand. Le facies argileux de cette dernière localité s'est profondément modifié; l'élément calcaire a envahi la zone et y forme des bancs durs très analogues à ceux de l'infra-lias, mais séparés par de petites couches marneuses.

C'est cette zone qui renferme les nodules de chaux, surtout abondants dans les bancs marneux, mais faisant presque complètement défaut dans les bancs calcaires.

Les fossiles y sont communs à l'état de moules phosphatés.

La gryphée arquée est ici encore, sous ses diverses formes, le fossile dominant; la coquille est calcaire, et le remplissage seul est phosphaté. Avec elle, on recueille *Ter. cor*, *Sp. Walcotti*, des acéphales en assez grande

quantité, et notamment des pleuromyes, et enfin quelques ammonites, *Am. obtusus*, *Am. stellaris*, *Am.* (*Arietites*) *Douvillei*, dont la présence indique les assises supérieures de l'étage.

On voit donc que ce gisement appartient exactement au même niveau que celui de l'Auxois, et la description (*) que M. Collenot en a donné s'applique identiquement à celui de Germigny.

Les nodules phosphatés existent, non seulement dans les assises liasiques, mais on les rencontre aussi disséminés plus ou moins régulièrement dans un limon argileux brun rougeâtre qui recouvre les plateaux calcaires.

Ce sont ces derniers nodules qui ont été exploités les premiers à Germigny, et c'est en poursuivant leur extraction qu'on a vu qu'ils se prolongeaient en couches enclavées dans les bancs liasiques.

M. Collenot a montré que les lits de nodules du limon n'étaient que la continuation exacte des autres, et il en a conclu que le limon était le résidu de la dissolution des bancs liasiques; les nodules phosphatés, ayant résisté, étaient restés en place au milieu de celui-ci.

Nous reviendrons sur cette question lorsque nous parlerons des gisements des environs d'Argenton, où nous avons pu vérifier l'exactitude de l'observation de M. Collenot.

Les nodules se présentent sous des aspects différents, suivant qu'ils proviennent des assises liasiques ou qu'ils ont été extraits du limon.

Dans le premier cas, ils sont généralement de couleur grise plus ou moins foncée, tandis que, dans le second, leur teinte est plus claire et d'ordinaire blanc jaunâtre,

---

(*) Du phosphate de chaux dans l'Auxois (*Bull. Soc. géol.*, 3e série, V, p. 671 et suiv.)

avec taches ocreuses dues au limon ferrugineux qui les englobe.

Les nodules sont de grosseur variable, mais communément de la taille d'une noix; leur surface, irrégulièrement arrondie, est mamelonnée. Ils sont quelquefois aplatis en forme de galets; ils sont tendres et à cassure terreuse.

Le lias aux environs de La Châtre et d'Argenton.

Lorsque l'on suit les couches du lias à partir de Saint-Amand, dans la direction de l'ouest, on n'observe pas tout d'abord de bien grandes modifications. Jusqu'à la limite du département de l'Indre, c'est-à-dire jusque dans la vallée de la Sinaise, la coupe du terrain présente la plus grande analogie avec celle que nous avons donnée ci-dessus : les diverses zones ont à peu près les mêmes épaisseurs, la même composition minéralogique, les mêmes fossiles et les mêmes rapports avec la topographie du sol.

Cependant la zone supérieure du lias moyen, c'est-à-dire celle de l'*Am. spinatus*, commence à prendre dès la vallée du Portefeuille, au nord du Châtelet, un facies un peu différent de celui que nous avons indiqué. On trouve toujours, à sa base, des marnes argileuses avec nombreux *Am. spinatus* pyriteux, mais, à sa partie supérieure, les assises se chargent de calcaire et commencent à durcir : on les exploite sur un très grand nombre de points comme marnes, et, dans la vallée de la Sinaise, elles sont assez solides pour qu'on puisse en extraire des moellons.

Ce changement de faciès minéralogique amène une modification correspondante bien nette et bien tranchée dans la faune.

Dans les marnes argileuses où nous avons recueilli l'*Am. spinatus* à l'état pyriteux, nous l'avons toujours trouvé en très grande abondance et de dimensions très réduites, c'est-à-dire ayant seulement quelques centimètres de diamètre. Avec l'apparition du facies calcaire, nous voyons ce céphalopode prendre des dimensions plus considérables et atteindre souvent deux décimètres de diamètre.

La différence de taille, dans les deux cas, pourrait s'expliquer par un simple changement dans la fossilisation, car on voit fréquemment des ammonites dont les tours du centre sont seuls à l'état pyriteux, tandis que le reste de la coquille est à l'état calcaire; et, lorsque ce fait se produit dans une couche argileuse, on peut croire que le centre, qui est pyriteux, a résisté seul aux altérations des agents atmosphériques, tandis que les tours extérieurs ont disparu par effritement. Cette explication ne nous paraît pas, néanmoins, devoir être trop généralisée, car il arrive souvent que les ammonites pyriteuses se trouvent en telle abondance qu'il serait difficile d'admettre qu'elles pussent avoir toutes été de grande taille.

Il est à remarquer, en outre, que, dans le calcaire, les *Am. spinatus* sont toujours peu nombreux, tandis que, dans la marne, ils pullulent.

Dans les bancs calcaires à *Am. spinatus*, on continue à trouver, comme dans la marne argileuse, le *Pecten æquivalvis* en très grande abondance; mais, en outre, apparaissent d'autres acéphales qui n'existaient pas dans les environs de Saint-Amand, notamment la *Lima Hermanni*, de très belles dimensions, et très commune dans certains bancs; puis, et surtout, la grande huître caractéristique de la partie supérieure du lias moyen, de forme presque circulaire, et d'un diamètre qui dépasse souvent 15 centimètres, la *Gryphæa gigantea*. Cette huître se

montre avec le faciès calcaire et augmente en nombre à mesure qu'il devient plus accentué.

En même temps apparaît aussi un groupe qui faisait complètement défaut à Saint-Amand, à ce niveau : les brachiopodes, si abondants dans le lias inférieur, et à la base du lias moyen, n'existaient pas, nous l'avons remarqué, dans le sous-étage supérieur. Nous les retrouvons avec le faciès calcaire : sur la rive droite de la vallée de l'Arnon, vis-à-vis de son confluent avec le Portefeuille, la localité de la Preugne offre déjà un certain nombre d'espèces : *Ter. cornuta*, *Ter. quadrifida*, *Ter. Moorei*, *Ter. resupinata*. Plus à l'ouest, nous verrons les brachiopodes augmenter en espèces et en nombre d'individus.

Nous avons donc, ici encore, un exemple frappant des relations qui existent entre le faciès et la faune. Bien à l'est de la région dont nous nous occupons, dans la vallée de l'Yonne, nous avons observé le calcaire supérieur du lias moyen, complètement semblable à celui des environs de la Châtre et d'Argenton et possédant une faune identique.

En poursuivant vers l'ouest, on constate que les différences signalées vont en s'accentuant et qu'en même temps, l'épaisseur des couches diminue d'une manière sensible.

Dans la vallée de l'Indre, on rencontre, au sud de La Châtre, l'étage rhétien fossilifère, et au-dessous le trias, déjà bien réduit, avec une nappe de quartz calcédonieux renfermant de la galène, de la baryte, de la pyrite, etc.

Au-dessus, le calcaire infra-liasique, dont l'épaisseur est peu considérable, se relie intimement aux calcaires de la base du lias inférieur : la lumachelle à *O. irregularis* a disparu. La zone supérieure du sinémurien est restée argileuse et les brachiopodes continuent à y pulluler. La

Ter. cor surtout s'y trouve en très grande quantité avec les formes les plus variées. Avec elle, on recueille la *T. perforata*, la *T. subpunctata*, mais en moindre abondance, la *Spiriferina Walcotti* et les *Bel. acutus* et *brevis*. Les ammonites y sont rares et toujours de grandes dimensions. Les fossiles pyriteux de la zone à *Am. raricostatus* font complètement défaut dans la vallée de l'Indre.

A la partie supérieure des bancs argileux, apparaissent quelques nouveaux brachiopodes, la *T. indentata*, la *T. numismalis* (type) et le *Spiriferina pinguis*, cette dernière excessivement abondante. En même temps, les bélemnites deviennent plus nombreuses : la présence des *B. Bruguieri* et *umbilicatus* indique, avec celle des fossiles précédents, que nous entrons dans le lias moyen : au sommet de ces assises, ces céphalopodes forment un lit de quelques centimètres d'épaisseur, qui en est absoment pétri ; cet ensemble peut donc être assimilé aux assises à bélemnites et à brachiopodes du bois de Trousse.

Le lias moyen à ammonites repose sur le lit à bélemnites ; le sous-étage inférieur présente ici un changement très marqué : de Saint-Amand à la vallée de l'Indre, les fossiles sont à l'état pyriteux, tandis qu'à l'ouest, ils sont à l'état de phosphate de chaux et mélangés à des nodules de même substance : leur épaisseur totale est réduite à quelques mètres.

Les ammonites y sont encore très nombreuses, mais les espèces ne sont plus les mêmes qu'à Saint-Amand et la proportion des individus également différente ; il est à peu près impossible, en outre, de vérifier si elles sont distribuées dans le sens vertical, par zones bien tranchées ; les diverses espèces, si communes aux Cottards, deviennent très rares ou même disparaissent ; nous avons encore trouvé l'*Am. Jamesoni*, *Am. ibex*, *Am. Henleyi*, *Am. bipunctatus*, *Am. fimbriatus*, mais, par contre, nous

n'avons jamais recueilli les *Am. centaurus*, *Am. pettos*, *Am. armatus*, etc.

Les *Am. capricornus* et *Am. sinuosus* sont abondants, ainsi que l'*Am. Davœi*, très rare du côté de Saint-Amand.

Ce niveau de nodules phosphatés se développe de plus en plus à l'ouest, vers Cluis et Neuvy-Saint-Sépulchre, où l'exploitation en a été commencée ces dernières années, et se continue jusqu'au delà de la vallée de la Creuse, au sud d'Argenton.

Au-dessus de ces argiles à fossiles et nodules phosphatés, on observe des argiles à *Am. margaritatus* pyriteux et *Bel. clavatus;* ce dernier paraît ici faire seulement son apparition à ce niveau. Dans la partie supérieures, les bancs calcaires, alternant avec les argiles, deviennent plus nombreux et on commence à trouver l'*Am. margaritatus* à l'état calcaire; puis la zone supérieure, sous forme de bancs calcaires assez durs alternant avec des bancs marneux, montre de très grandes *Gryphœa gigantea*, des *Pecten æquivalvis*, *Pecten disciformis*, *Lima Hermanni*, *Harpax pectinosus*, *Am. spinatus* de grande taille; les brachiopodes reparaissent et prennent un très beau développement. La localité des Chassins, au nord-ouest de La Châtre, est surtout remarquable à ce point de vue. Les *Ter. punctata*, *subpunctata*, *ovoïdes*, *cornuta*, *subnumismalis*, *Moorei*, *resupinata* et les *Spiriferina pinguis* et *rostrata* atteignent de grandes dimensions et offrent des individus de la plus grande taille connue; ou trouve, avec ces fossiles, *Rh. acuta*, *Rh. tetraedra*, *Pholadomya Fraasi*...

Les argiles du lias supérieur, superposées à ces bancs calcaires, sans atteindre ici la puissance qu'elles ont du côté de l'Est, ont encore une épaisseur assez considérable.

A leur base et immédiatement superposé au calcaire médio-liasique, se trouve un cordon de nodules phospha-

tés : *Am. communis*, *Am. crassus* et, en assez grande abondance, des Bélemnites : *Bel. Oppeli*, *Bel. breviformis*.

Nous avons reconnu ce gisement depuis le nord de La Châtre jusque dans les environs de Neuvy, mais partout il nous a paru trop réduit pour être susceptible d'exploitation : son existence mérite, toutefois, d'être notée, car c'est la première fois qu'on l'a signalée.

Ce banc de nodules est recouvert par les calcaires fissiles à poissons, puis par les argiles plastiques formant une ligne de talus bien marqués, qui, au point de vue topographique, limitent très nettement, au nord, la zone occupée par les assises liasiques et constituent une région spécialement herbagère.

Vers Neuvy-Saint-Sépulchre et Cluis, les modifications que nous venons d'indiquer s'accentuent de plus en plus rapidement.

A la base du système liasique, les grès triasiques disparaissent et on retrouve seulement sous les calcaires infra-liasiques une épaisseur de quelques mètres de sables ou de grès peu cohérents, surmontés par une couche d'argile rouge ou verte.

Les calcairés sont réduits eux-mêmes à une épaisseur très faible et représentent à la fois l'étage hettangien et la base du sinémurien; la zone supérieure de ce dernier, toujours composée d'une alternance d'argiles et de calcaires, est encore assez développée à Neuvy; mais à l'ouest, elle perd rapidement son épaisseur et les fossiles disparaissent en même temps. La gryphée reste encore abondante, mais les brachiopodes diminuent en nombre.

A la partie supérieure, dans les bancs à *Sp. pinguis*, on voit apparaître, dans les rognons calcaires, quelques nodules de phosphate et le remplissage des coquilles des spirifers est lui-même le plus souvent de même nature.

Au-dessus de ces argiles, on retrouve le cordon de nodules, puis le lit à bélemnites et les argiles à ammonites phosphatées; plus haut, l'*Am. margaritatus* n'existe plus à l'état pyriteux, mais seulement en moules calcaires dans une alternance d'argiles marneuses et de calcaires argileux bleuâtres; à leur base, on rencontre parfois cette ammonite phosphatée.

La zone à *Am. spinatus*, qui vient ensuite, est formée de calcaires excessivement durs, gris jaunâtres, à taches ocreuses, présentant la plus grande analogie avec le calcaire à entroques de la base du système oolithique. Les brachiopodes ont ici leur test siliceux, ce qui permet d'obtenir, par dissolution, de belles préparations de ces coquilles avec leur appareil interne.

On continue à y trouver la *Gr. gigantea* et le *Pecten æquivalvis* en assez grande abondance et, dans certains bancs, la *Spiriferina rostrata* est en telle quantité, qu'elle constitue à elle seule une véritable lumachelle, d'où les autres espèees de brachiopodes sont presque entièrement exclues.

Dans ces calcaires, on remarque quelques nodules qui se détachent sur l'ensemble de la masse par leur couleur grise et leur aspect terreux; leur examen nous a montré qu'ils étaient composés de phosphate de chaux; nous voyons donc que le dépôt de cette substance a eu lieu pendant toute l'époque médio-liasique.

Le cordon phosphaté du lias supérieur a disparu et est remplacé par des calcaires ferrugineux, à texture gréseuse, dans lesquels l'oxyde de fer se sépare assez fréquemment à l'état de petites oolithes. On y trouve un grand nombre des ammonites caractéristiques de cet étage : *Am. communis*, *Am. crassus*, *Am. bifrons*, *Am. serpentinus*, *Am. complanatus*..., en échantillons de grande taille.

La coupe du système liasique, dans la vallée de la

Creuse, mérite d'être signalée. Nous allons la donner telle que nous avons pu la relever dans les tranchées du chemin de fer de Paris à Limoges; la comparaison avec celle de Saint-Amand fera ressortir les modifications qui se sont produites dans les assises entre ces deux points extrêmes.

Dans la tranchée de Bazaiges, les micaschistes se montrent rubéfiés et décomposés au-dessous des couches rhétiennes, formées de bas en haut, par 1 mètre à $1^{m},50$ de marnes rouges, $0^{m},60$ de grès quartzeux à grains fins très compacts et $0^{m},25$ de marnes verdâtres; au-dessus viennent quelques mètres de calcaires durs, jaunes ou bruns, qui représentent à la fois l'étage hettangien et les premières assises sinémuriennes; dans les tranchées suivantes, on les voit recouverts par 4 ou 5 mètres d'argiles bleues alternant avec des calcaires marneux compacts, contenant des gryphées toujours de forme très variable et quelques térébratules, principalement la ***Ter. subpunctata*** et plus rarement la ***Ter. cor.***; les bancs calcaires sont exploités, près de la gare de Celon, pour la fabrication de la chaux hydraulique.

Viennent ensuite $3^{m},50$ de marnes et de calcaires à oolithes ferrugineuses avec une faune assez abondante et très intéressante; les brachiopodes sont communs et montrent les formes de passage du sinémurien au liasien. ***T. cf. numismalis cf. cor.***, ***T. indentata***, ***T. subpunctata***, ***Spiriferina Walcotti et Sp. pinguis***, ***Bel. brevis***, ***Bel acutus***, ***Bel. umbilicatus***, ***Bel. Bruguieri*** et des gryphées de petite taille, de formes passant de la ***Gr. obliqua*** à la ***Gr. cymbium***. Ces assises sont évidemment le prolongement de celles que nous avons suivies depuis le bois de Trousse avec une faune très peu variable sur tout le parcours. Il est à remarquer que le phosphate de chaux, signalé à Neuvy à ce niveau, a fait place ici à des oolithes ferrugineuses.

Au-dessus se trouve le cordon de rognons phosphatés d'une épaisseur de $0^m,10$ à $0^m,20$ surmonté par le lit de bélemnites. C'est à ce niveau que paraissent les gryphées de grande taille de la base du lias moyen : *Gr. regularis;* elles sont très allongées, de forme régulièrement elliptique, plates, à test très épais, à petite valve ornée de stries fines régulièrement disposées; leur longueur atteint fréquemment dix-huit centimètres et leur largeur douze.

Des argiles noirâtres, contenant encore quelques nodules, et des ammonites également phosphatées, sont superposées au lit de bélemnites; elles sont ici peu développées, mais à l'est, du côté de Malicornay, elles sont plus épaisses.

Puis, 6 mètres de bancs calcaires alternant avec des argiles bleuâtres; ces assises peu fossilifères ressemblent beaucoup aux argiles à gryphées de la base; mais on y rencontre parfois l'*Am. margaritatus;* les calcaires durs à *Am. spinatus*, ayant ici une épaisseur de quelques mètres seulement, les recouvrent; ils sont beaucoup moins fossilifères que vers Neuvy et ne renferment guère, outre quelques brachiopodes, que la *Gryphæa gigantea* et le *Pecten æquivalvis;* parmi les brachiopodes, la *Rhynchonella acuta* est celle qui persiste le plus abondamment à ce niveau.

Le lias supérieur, qui vient immédiatement au-dessus, débute par des marnes et calcaires grumeleux rougeâtres, souvent avec oolithes ferrugineuses, renfermant les ammonites que nous avons citées précédemment. Les argiles plastiques forment un massif d'une cinquantaine de mètres au moins d'épaisseur et se terminent par les calcaires à *Ostrea Beaumonti* et *Rh. cynocephala*.

En résumé, nous trouvons ici les étages inférieurs du lias très atténués et très réduits; on approche évidemment des anciens rivages de la mer liasique; le peu de puissance des divers étages, leur irrégularité de compo-

sition et de puissance d'un point à un autre, la prédominance de l'élément calcaire et la texture des roches confirment cette manière de voir.

Ces assises offrent, d'ailleurs, un contraste très frappant avec celles de Saint-Amand, dont la régularité et la nature minéralogique indiquent un dépôt formé à une certaine distance des rivages; si la richesse de la faune ne permet pas de supposer pour lui une grande profondeur des eaux, nous devons en conclure que les côtes présentaient, dans cette région, un fond très plat.

Cette apparition des dépôts pélagiques, dans la région orientale, résulte évidemment des dislocations signalées à Saint-Amand et à la Guerche; elles ont été suivies de dénudations qui ont enlevé les couches sur une très grande étendue et amené au jour les sédiments formés loin des rivages.

En suivant les couches vers l'ouest, on les rencontre encore plus atténuées que dans la vallée de la Creuse; souvent, reposent directement sur les micaschistes, des bancs appartenant aux zones supérieures du lias inférieur ou même du lias moyen.

En même temps, apparaissent dans les couches, sous forme de graviers quartzeux et feldspathiques, des apports de charriage qui indiquent bien la proximité des rivages.

A quelques kilomètres à l'ouest de la vallée de la Creuse, la route d'Abloux à Celon donne une coupe dans laquelle on observe, de bas en haut, sur les micaschistes décomposés :

3 mètres.		Sables secs, ferrugineux par places........	Étage rhétien.
		Argile rouge........................	
2m,10.	0m,50	Calcaire dur jaunâtre, probablement dolomitique....................	Étages hettangien et sinémurien,
	0 ,50	Calcaire marneux en plaquettes......	
	0 ,30	Argiles avec gryphées et quelques *Ter. punctata*....................	
	0 ,80	Calcaire avec sable quartzeux.......	

3 mètres.	Marnes ferrugineuses. . . . . Bancs calcaires à oolithes ferrugineuses . . . . . Marnes ferrugineuses. . . . . Rognons de calcaire ferrugineux. . . . . Marnes ferrugineuses. . . . . Rognons de calcaire ferrugineux.	**Base du lias moyen.**
$0^m,25$.	Cordon de nodules phosphatés. Lit d'argile, avec nombreuses belemnites.	

En suivant les couches vers l'ouest on voit le lias moyen diminuer de plus en plus; à la côte de Dunet, on peut relever la coupe complète du lias; tout le sommet de la colline est constitué par les argiles toarciennes au-dessous desquelles on trouve :

Lias moyen, 4 mètres.	$0^m,60$	Gros banc calcaire, avec *Gryphæa gigantea*, *Pecten æquivalvis*, *Bel. Bruguieri*.
	0 ,25	Marnes avec *Gryphæa gigantea*.
	0 ,40	Banc calcaire gris, avec taches ferrugineuses, et térébratules.
	0 ,70	Gros banc calcaire, avec points ferrugineux, et *Bel. Bruguieri*.
	0 ,10	Marnes.
	0 ,25	Banc de calcaire dur, d'aspect dolomitique.
	0 ,25	Calcaire marneux.
	0 ,25	Calcaire jaune tendre.
	0 ,30	Marne argileuse.
	0 ,50	Banc calcaire dur.
	0 ,40	Marne argileuse.
Lias inférieur et calcaire infraliasique, $2^m,80$.	$0^m,50$	Calcaire brun, avec grains quartzeux dans la partie supérieure
	0 ,50	Marnes gréseuses, aves *Térébratules* et *Gryphæa obliqua*.
	0 ,70	Gros banc de calcaire blond.
	0 ,30	Banc calcaire, avec nombreux graviers quartzeux.
	0 ,80	Calcaire brun chocolat, avec graviers quartzeux.
Grès infraliasique, $13^m,30$.	$0^m,30$	Marnes vertes, avec taches lie de vin.
	1 ,00	Argiles rouges lie de vin.
	6 ,00	Sables jaunes fins, secs, durcis par places par un ciment ferrugineux rouge très foncé.
	6 ,00	Grès durs ferrugineux rouges.
		Micaschiste.

On observe donc, en s'approchant des anciens rivages, la disparition successive de l'élément marneux dans les étages moyen et inférieur du lias, la prédominance des calcaires durs et souvent spathiques, enfin l'ensablement des couches par l'apport des graviers quartzeux et feld-

spathiques qui donnent naissance à des grès à ciment calcaire; parfois l'élément feldspathique est assez abondant pour donner à la roche l'aspect d'une arkose.

Il convient de signaler, en outre, la présence, au milieu des bancs calcaires, de la barytine et de la galène que l'on trouve en cristaux disséminés dans la masse; c'est la concentration de ces matières sur certains points qui a donné naissance aux gisements d'Alloue (Charente).

Les environs de Chaillac, où les grès rhétiens affleurent sur une assez grande surface, méritent d'être signalés, en passant, pour leur richesse métallifère; on trouve, en effet, en amas disséminés au milieu de ces grès, des minerais de fer et de manganèse; les premiers consistent en une hématite rouge à gangue siliceuse qui se présente parfois à l'état concrétionné ou mammelonné; les seconds sont formés par une pyrolusite très pure, le plus souvent terreuse mais quelquefois concrétionnée. Nous signalerons encore l'existence, au milieu de ces grès, d'une couche assez épaisse de spath fluor que l'on peut observer sur le plateau du Rossignol, au sud de Chaillac.

Dans la région dont nous nous occupons actuellement, le lias supérieur est toujours argileux et puissant, ce qui nous permet de le considérer comme un dépôt formé à une assez grande distance des rivages, et ce qui démontre, par suite, qu'il y a eu affaissement des côtes après le lias moyen.

En poursuivant cette étude dans le Poitou, on verrait, en effet, les calcaires liasiques reposer directement sur le micaschiste, et, plus à l'ouest, dans la vallée de la Vienne, le lias supérieur, réduit à une épaisseur de quelques mètres de marnes avec rognons calcaires, superposé directement aux roches primitives. Nous trouvons donc là une confirmation de l'observation que nous venons de faire.

Le diagramme ci-contre (page 393) donne la coupe longitudinale des diverses assises du lias prise de l'ouest à l'est en faisant ressortir les différences d'épaisseur et de faciès qu'elles présentent sur leurs parcours; nous y avons indiqué également les niveaux où l'on rencontre le phosphate de chaux. Ce diagramme peut être considéré comme représentant également en plan la disposition des affleurements liasiques, ou bien comme une coupe théorique faite normalement aux bords du bassin.

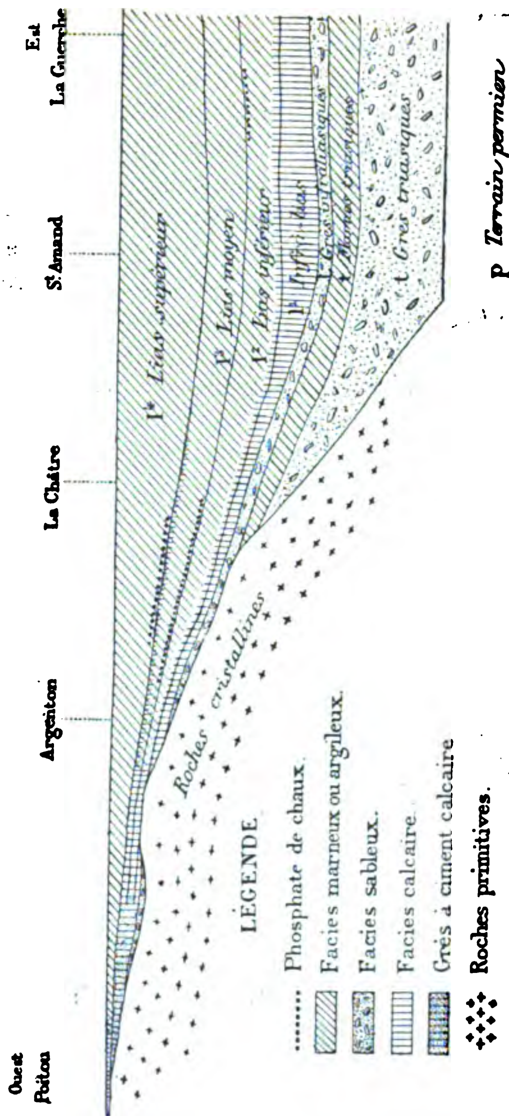
Le lias aux environs de Niort et Saint-Maixent.

Transportons-nous maintenant à l'autre extrémité du Poitou, dans les environs de Niort et de Saint-Maixent. Nous y rencontrerons les assises liasiques avec un aspect qui rappelle celui que nous venons de décrire et nous y trouvons un nouvel horizon phosphaté dont nous avons reconnu l'existence il y a quelques mois à peine.

Le lias peut s'étudier dans la vallée de la Sèvre, en amont de Niort. Au-dessous des calcaires blancs de l'oolithe inférieure, se montrent des calcaires bleus aux taches rougeâtres; ces derniers renferment les ammonites de la zone à *Am. Sowerbyi* et sont superposés à des calcaires bleuâtres contenant la faune de la zone à *Am. Toarcensis;* elle est ici très riche; nous citerons seulement : *Rhynch. cynocephala*, *Am. opalinus*, *Am. Toarcensis*, *Am. insignis*, *Ostrea Beaumonti*.

A ces calcaires bleuâtres succèdent des argiles avec *Am. bifrons*, *Am. complanatus*, etc.; cet ensemble, qui représente le lias supérieur, n'a guère qu'une épaisseur de 10 à 12 mètres.

Au-dessous, se montrent des grès siliceux, d'ordinaire à ciment calcaire, contenant des rognons de quartz; on y trouve quelques fossiles : *Pecten disciformis*, *Ter.*



punctata, *Bel. Bruguieri*, *Am. capricornus;* ces grès appartiennent donc au lias moyen.

Le lias se termine par un ensemble de calcaires bruns ou rougeâtres, caverneux, dolomitiques, qui offrent par places quelques fossiles, mais ce sont seulement des lamellibranches, qui précisent assez mal leur niveau géologique : on y trouve des formes assez voisines de celles de l'étage hettangien qui peuvent aussi appartenir au sinémurien, ainsi que nous l'avons montré pour les environs de Saint-Amand. La position de ces assises indique, d'ailleurs suffisamment, qu'elles représentent à la fois les deux étages précédents; elles ont, en outre, la plus grande analogie avec les calcaires que nous avons observés à la base du lias, à l'ouest de la vallée de la Creuse. Certains bancs de cet ensemble sont formés par un calcaire très compacte, à cassure conchoïde, désigné dans le pays sous le nom de *caillebotine*.

Près de Saint-Maixent, nous trouvons un faciès un peu différent : les argiles bleues du lias supérieur renferment les fossiles de la zone à *Am. toarcensis* à l'état pyriteux; mais, plus haut, apparaissent des bancs calcaires alternant avec les argiles. Les fossiles passent alors à l'état calcaire; l'aspect brillant de leur surface et leur couleur gris jaunâtre nous ont fait soupçonner qu'ils étaient peut-être phosphatés : l'analyse d'un module, que nous avons recueilli avec ces ammonites, a donné, en effet, une teneur de 13 p. 100 en phosphate.

Il est intéressant de voir qu'ici encore le niveau phosphaté passe latéralement à une couche ferrugineuse : sur les bords de la Loire on retrouve, en effet, dans cette même position, un calcaire à oolithes ferrugineuses, qui pendant longtemps a été exploité, près de Gimouille, comme minerai de fer.

Gisements de l'Indre.

Nous venons de voir que les nodules phosphatés de la base du lias moyen apparaissent au nord de La Châtre et se suivent d'une manière continue vers l'ouest jusqu'au sud d'Argenton : de ce côté, ils dépassent la vallée de la Creuse et se retrouvent encore vers la route de Limoges, mais bien atténués; un peu plus loin ils disparaissent.

Leur exploitation a commencé d'abord sur le territoire des communes de Celon, Bazaiges, Ceaulmont et Malicornay et a été poursuivie tout dernièrement dans la direction de Neuvy-Saint-Sépulchre.

Nous avons indiqué, dans la coupe du lias, entre Neuvy et Argenton, leur position exacte dans la série des assises.

Ces modules se trouvent, comme dans les gisements de Germigny (Cher), soit en place, soit à l'état remanié.

Une des exploitations les plus intéressantes est celle des Ballerais, commune de Malicornay, où le gisement occupe le sommet d'une petite colline au sud de la route d'Argenton à Neuvy.

Les plateaux sont couverts, dans cette région, par un dépôt tout particulier dont il est difficile de fixer l'âge : il se compose, à la partie supérieure, de graviers secs, sur une épaisseur de $1^m,60$ à 2 mètres, et au-dessous de $0^m,70$ à $0^m,80$ d'argile très grasse, gris jaunâtre. Le gravier supérieur déborde l'argile et s'étale sur la pente, soit qu'il ait été entraîné et remanié par les eaux pluviales, soit qu'il y ait indépendance des deux formations.

Les tranchées des travaux montrent les nodules phosphatés dans des marnes argileuses alternant avec des lits de rognons calcaires dont la surface est très irrégulière et bosselée; ils sont surtout abondants dans le banc marneux supérieur, auquel succèdent la couche à bélem-

nites et les argiles noirâtres avec nodules très disséminés et moules phosphatés d'ammonites et de bivalves.

En examinant les tranchées, on voit les diverses assises liasiques, par suite de leur inclinaison, d'ailleurs très faible, venir buter contre le dépôt superficiel, tandis que les nodules se continuent, au contraire, dans celui-ci, en conservant leur allure primitive, tant qu'ils se trouvent dans l'argile inférieure : en arrivant dans la couche sableuse, ils s'accumulent alors à sa base et forment un cordon bien net.

Ils offrent, en outre, un aspect bien différent suivant la position qu'ils occupent : en place dans les assises liasiques, ils ont généralement une couleur gris noirâtre foncée, qui paraît due à une matière organique. Sous le choc du marteau ou sous le frottement d'une lime, ils exhalent une odeur fétide comme celle des calcaires bitumineuse : l'analyse y montre la présence du carbone et même de l'azote, en quantité très petite, il est vrai, mais néanmoins appréciable.

Dans l'argile, les nodules conservent cette même apparence; mais ceux qui sont dans le sable, prennent une couleur claire, ordinairement blanc jaunâtre, avec taches d'oxyde de fer; leur densité a diminué : ils sont légers et comme poreux.

Les analyses suivantes (*) font ressortir ces variations :

1. — *Moule phosphaté d'un spirifer* (couleur brune).
Densité : 1,9.

Acide phosphorique.	24,00 p. 100
— carbonique	2,00 —
Carbone organique	0,67 —

(*) Analyses de M. Péneau, directeur de la station agronomique du Cher.

2. — *Moule phosphaté d'un spirifer* (couleur grise).

Densité : 1,6.

Acide phosphorique.	27,84 p. 100
— carbonique	3,00 —
Carbone organique	0,67 —

3. — *Moule phosphaté d'une ammonite* (couleur brune).

Densité : 2,58.

Acide phosphorique.	23,94 p. 100
— carbonique.	12,00 —
Carbone organique	0,46 —

4. — *Moule phosphaté d'une ammonite* (couleur blanche).

Densité : 1,97.

Acide phosphorique.	24,70 p. 100
— carbonique	3,40 —
Carbone organique	0,22 —

Ces analyses et surtout les deux dernières mettent en évidence les modifications signalées.

Elles sont moins sensibles entre 1 et 2 qu'entre 3 et 4; les premiers échantillons présentent entre eux moins de différences d'aspect que les derniers : il faut, d'ailleurs, tenir compte de ce fait que les échantillons comparés étaient loin d'être identiques à l'origine : par suite, les résultats des analyses ne peuvent être mis exactement en balance.

L'explication des modifications précédentes est bien simple : les eaux atmosphériques, chargées d'oxygène et d'acide carbonique, traversent facilement le dépôt sableux et viennent agir sur le lit de nodules situé à sa base. Elles oxydent la matière organique, qui disparaît ensuite, et dissolvent, grâce à l'acide carbonique, le carbonate de chaux plus facilement attaquable que le phosphate : il résulte de cette action continue que les nodules perdent leur couleur et une certaine proportion de carbo-

nate calcaire ; la disparition de ce dernier élément entraîne une diminution de la densité et produit la texture poreuse que nous avons signalée.

Les nodules, restés dans les marnes liasiques ou isolés dans l'argile superficielle, sont préservés, au contraire, de ces altérations, par l'imperméabilité de leur gangue, qui ne permet pas l'accès des eaux d'infiltration.

Il est plus difficile de préciser par suite de quelles circonstances les nodules ont pu passer dans le dépôt argileux, sans éprouver aucun changement dans leur position relative.

Évidemment, tout s'est passé comme si le calcaire des bancs liasiques avait disparu sous l'influence d'un agent dissolvant, qui eût laissé, comme résidu de la dissolution, l'argile des marnes et les nodules phosphatés : cette explication, donnée par M. Collenot, est assurément la plus simple et la plus vraisemblable.

Quel a donc été cet agent dissolvant? Au premier abord, on serait naturellement porté à attribuer ce rôle aux eaux atmosphériques; mais, comme nous le disions tout à l'heure, leur action est toujours accompagnée de modifications dont nous ne trouverons aucune trace : les nodules, renfermés dans l'argile, ont conservé leur couleur et leur densité : il faut donc écarter cette cause.

Peut-être ce phénomène s'est-il produit sous l'influence des agents qui ont donné naissance aux argiles à silex des diverses époques de la période tertiaire, argiles si développées dans le Berry. Toutefois, cette interprétation donne également lieu à bien des difficultés, et nous ne faisons que l'émettre sans insister davantage.

PÉRIODE OOLITHIQUE.

Étage oxfordien. — M. Douvillé a signalé (*), au nord de la Guerche (Cher), près du hameau le Foulon, l'apparition d'une couche argileuse où l'on rencontre de nombreux moules d'ammonites présentant l'aspect des fossiles du Gault et contenant, comme ceux-ci, une proportion notable de phosphate de chaux. M. Douvillé cite dans cette couche : *Bel. hastatus*, *Am. arduennensis*, *Am. perarmatus*, *Am. cf. plicatilis*, *Pecten fibrosus*.

Nous y avons recueilli, en outre, *Collyrites capistrata*.

Nous avons retrouvé ce même horizon phosphaté bien caractérisé dans les environs de Nevers (**), où on peut l'observer dans la tranchée du chemin de fer dite de l'Aiguillon, à la sortie de Nevers, dans la direction de Fourchambault. Il est formé par un cordon de $0^m,20$ à $0^m,30$ d'argile gris verdâtre reposant sur les calcaires kelloviens à *Am. coronatus* et *Rh. spathica* et recouvert par des calcaires noduleux avec *Am. canaliculatus*.

La couche de phosphate se compose de rognons verdâtres plus ou moins arrondis et de débris de fossiles roulés, notamment de pholadomyes; on y trouve *Bel hastatus*, *Am. Duncani*, *Am. athleta*, *Am. perarmatus*, *Am. cf plicatilis*.

Ce même cordon phosphaté existe, sur la route de Paris, au-dessous de l'oolithe ferrugineuse oxfordienne très fossilifère ; celle-ci renferme : *Am. cordatus*, *Am. perarmatus*, *Am. plicatilis*, *Am. Henrici*.

L'état des fossiles, toujours roulés et plus ou moins

(*) Note sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le Berry : Douvillé et Jourdy (*Bull. Soc. géol. de France*, 3ᵉ série, t. III, 1874).

(**) Note sur un nouveau gisement de phosphate de chaux (*Bull. Soc. géol.*, 3ᵉ série, t. VI, 1878).

détériorés, semble indiquer un dépôt de rivage. Il est, d'ailleurs, à remarquer que la série des couches n'est pas complète ici et qu'il y a une lacune due à un mouvement d'affaissement, qui s'est produit après le dépôt du calcaire kellovien. Les diverses assises oxfordiennes viennent recouvrir ce dernier transgressivement en se débordant les unes les autres. Plus à l'ouest, on trouve, en effet, la zone à *Am. canaliculatus* et même la zone à *Am. marantianus* reposant directement sur le calcaire kellovien et, parfois, sur l'oolithe bathonienne.

La teneur en acide phosphorique des divers échantillons examinés est assez variable; on y trouve de 28 à 55 p. 100 de phosphate de chaux tribasique.

Cet horizon paraît avoir une assez grande extension dans la Nièvre, car M. Ebray cite la présence, dans plusieurs localité, Guérigny, Donzy, ... d'une couche glauconnieuse très fossilifère intercalée entre le calcaire kellovien et l'oolithe ferrugineuse oxfordienne : l'analogie de caractères et de position avec la couche de Nevers indique évidemment la même composition.

Étage bathonien. — Il existe, à la base de l'étage bathonien, une couche très fossilifère, remarquable par la constance de ses caractères sur une étendue considérable : cette couche forme la limite inférieure du fuller's earth (étage vésulien, zône à *Am. ferrugineus* ou zone à *Am. zig-zag*).

Cette couche fossilifère existe dans toute l'Europe, depuis le Banat jusqu'à l'Océan avec les mêmes caractères paléontologiques : une faune de céphalapodes, dont les espèces les plus importantes se retrouvent partout, *Am. ferrugineus*, *Am. zigzag*, *Am. polymorphus*, *Am. pseudo-anceps*, *Am. linguiferus*, avec un mélange variable suivant les localités, de brachiopodes, de gastropodes, de lamellibranches et d'échinodermes.

Cette faune a été signalée à Swinitza, dans le Banat; on la retrouve dans le Wurtemberg, dans la Souabe, dans la Franconie, en Suisse; en France, le même niveau fossilifère existe en Provence, au Mont-d'Or lyonnais, en Bourgogne à Mâcon et Dijon. Dans la Nièvre, il se présente sous forme d'oolithes ferrugineuses, à Saint-Honoré-les-Bains, à Vandenesse, à Isenay et à Saint-Benin-d'Azy. Il se poursuit de là sur les bords de la Loire et dans le Berry, sous forme d'un calcaire gris à taches ferrugineuses ; il cesse vers la vallée du Cher où tout l'ensemble de l'étàge bathonien est représenté par des calcaires oolitiques. Ce dernier faciès se continue dans le Poitou jusqu'à la vallée du Clain, où reparaît le niveau fossilifère en question : on peut le suivre ensuite sans interruption jusqu'à Saint-Maixent et à Niort où il forme le *banc pourri* des carrières.

Ce banc pourri, d'une épaisseur de $0^m,30$ environ, se distingue bien nettement de la masse générale des calcaires exploités par sa couleur gris verdâtre : il se délite irrégulièrement, et les délits sont remplis par une marne ou une argile d'une teinte verdâtre-foncé; il dégage, lorsqu'il est attaqué par les outils des ouvriers, une odeur fétide très prononcée. Il contient en abondance les ammonites dont nous avons donné la liste plus haut et avec elles quelques brachiopodes, quelques collyrites et quelques bivalves, et est superposé à des calcaires blancs avec *Am. Parkinsoni*, *Am. niortensis*, *Am. Garanti*, *Ter. sphœroïdalis*.

Les ammonites ont, dans ce gisement, une teinte gris-foncé très analogue à celle des fossiles phosphatés du Gault; cette circonstance avait attiré notre attention et nous avons fait analyser un fragment d'ammonite (*) (*Am.*

(*) Analyse de M. Péneau, directeur de la station agronomique du Cher.

fuscus) : il y a été trouvé 25,5 p. 100 d'acide phosphorique.

Ce gisement phosphaté, étant intercalé, dans une série de bancs calcaires, n'est évidemment pas susceptible d'exploitation dans le département des Deux-Sèvres ; néanmoins, les débris de la couche, provenant de l'exploitation des carrières, pourraient recevoir une utilisation locale : leur pouvoir fertilisant a, d'ailleurs, été déjà remarqué par les jardiniers de Niort, qui en recommandent l'emploi dans certaines circonstances.

L'existence de l'acide phosphorique, à ce niveau, confirme les observations que nous avons déjà faites sur la corrélation assez intime, qui existe entre les dépôts phosphatés et ceux d'oolithes ferrugineuses.

PÉRIODE CRÉTACÉE.

Les assises crétacées constituent, dans le nord du département du Cher, entre la plaine calcaire du Berry et la plaine argilo-sableuse de la Sologne, une région fertile et accidentée, qui s'étend du sud-ouest au nord-est, entre Vierzon et Sancerre : la partie orientale est désignée plus spécialement sous le nom de Sancerrois.

Ce dernier pays est le plus élevé de toute la France occidentale : limité, comme nous venons de le dire, d'un côté par la plaine calcaire dont la cote moyenne varie de 180 à 200 mètres, et de l'autre par la Sologne dont l'altitude est encore bien moindre (170 mètres au maximum), il s'élève à la cote 434 à la Motte-d'Humbligny et présente une série de mamelons dont les hauteurs varient de 350 à 370 mètres.

Les assises crétacées, composées de marnes, de grès, de sables et d'argiles, se sont laissés facilement entamer par les courants diluviens ; elles ont été découpées en une série de collines, aux contours arrondis, séparées

par de nombreux ruisseaux ; l'alternance des couches perméables et imperméables a donné naissance à des nappes aquifères, qui entretiennent dans le pays une verdure continuelle. La végétation forestière s'y développe admirablement et les champs sont partout entrecoupés de haies et de beaux arbres.

Grâce à ce relief accidenté, l'étude de la succession des assises est singulièrement facilitée ; nous citerons, comme particulièrement favorables aux observations, les divers sentiers qui descendent de Sancerre vers le nord : le casse-cou, le chemin de la Dame-Blanche, etc. ; les bords de la Loire, aux environs de Tracy, ou de Cosne à Neuvy ou de Saint-Satur à Bannay ; la route de Sancerre à Aubigny, entre Menetou-Ratel et Vailly, la route de Boucard à Menetou-Ratel et au signal de Menetou, etc.

Ces facilités d'observations ont depuis longtemps attiré l'attention, et, en 1777, bien avant que les principes de la science géologique fussent établis, un historien de la ville de Sancerre (*) écrivait : « En considérant les montagnes et les tertres de Sancerre, j'ai remarqué que les terres y sont, en bien des endroits, rangées selon leur gravité respective, et, que les couches de deux montagnes, séparées par de longs vallons, sont ordinairement parallèles et de même espèce : j'ai trouvé aussi des coquillages pétrifiés dans le sein des rochers, mais plus rarement qu'en d'autres pays ; des pierres formées d'un assemblage de petites coquilles, des cornes d'Ammon, des échinites, surtout dans les vallées du village d'Assigny. »

Les premières assises du système crétacé, reposent sur le calcaire portlandien ; elles sont formées, sur une épaisseur de quelques mètres, par un calcaire marneux jaunâtre rempli d'oolithes ferrugineuses et très fossili-

(*) *Histoire de la ville de Sancerre*, par M. Poupard, curé de la même ville. Paris, 1777.

fère : c'est le calcaire à spatangues de l'étage néocomien. On peut l'étudier au pied de la montagne de Sancerre, dans les fossés de la route de Saint-Satur à Fontenay, sur la route de Sancerre à Aubigny un peu avant Menetou-Ratel, dans les environs de Boucard, etc.

Nous ne citerons que les fossiles suivants : *Toxaster complanatus*, *Janira atava*, *Terebratula acuta*.

Le calcaire néocomien est donc peu développé et il ne joue aucun rôle dans la constitution du pays ; il disparaît, du reste, à une faible distance, à l'ouest de Sancerre, recouvert transgressivement par les dépôts supérieurs.

Au-dessus du calcaire néocomien, se trouve une argile à minerai de fer géodique, de 1 à 2 mètres de puissance ; elle présente parfois de petites oolithes ferrugineuses et est associée à des argiles blanches réfractaires. L'extraction du minerai, sur la commune de Boucard, a alimenté autrefois les forges d'Ivoy-le-Pré, disparues aujourd'hui comme tant d'autres. Au nord de Bourges, ce minerai est encore, à l'heure actuelle, exploité assez activement pour l'alimentation de divers hauts fourneaux du Cher et de l'Allier.

Cette assise disparaît, à son tour, à l'ouest de Vierzon ; elle offre, on le voit, une assez grande importance industrielle, tant par ses minerais de fer que par ses argiles, utilisées comme matières réfractaires ou pour la fabrication des tuiles.

Pendant cette première partie de la période crétacée, il s'est produit, sur les rivages de la mer, un mouvement d'affaissement, par suite duquel les diverses assises sont venues recouvrir transgressivement les couches jurassiques, en se débordant les unes les autres. Nous verrons que ce mouvement a continué encore pendant le dépôt des assises suivantes.

Le Gault succède à l'étage cénomanien ; il est bien développé et très fossilifère sur les bords de la Loire.

Il débute par des sables grossiers, souvent consolidés en grès très durs par un ciment ferrugineux, d'ordinaire assez pauvres en fossiles.

Ils sont recouverts par une argile micacée grise ou noirâtre. C'est l'argile téguline du Gault, moins puissante ici que dans les environs de Saint-Florentin, mais possédant encore une épaisseur de 30 à 40 mètres, épaisseur qui décroît peu à peu du côté de l'ouest; elle disparaît complètement à la hauteur du méridien de Bourges.

L'argile du Gault est surmontée par au moins 30 mètres de sables très fins, généralement de couleur jaune nankin, dans lesquels on ne trouve aucune trace de fossiles et seulement quelques empreintes végétales. Ces assises ont été désignées, à cause de leur développement sur la rive droite de la Loire, sous le nom de *sables de la Puisaye*.

L'étage se termine par un cordon mince de graviers agglutinés par un ciment phosphaté. C'est le niveau de l'*Am. inflatus* que l'on trouve d'une manière si constante à cette place.

Au-dessus de ces graviers, l'étage cénomanien commence par une couche, de quelques mètres d'épaisseur, d'argile gris verdâtre avec nombreux grains de glauconie. A la partie supérieure, la disparition progressive de la glauconie, et la substitution de l'élément calcaire à l'élément argileux, donne une craie blanche un peu micacée contenant des nodules de pyrite et renfermant une faune nombreuse; parmi les principaux fossiles nous citerons :

Nautilus elegans, *Am. varians*, *Am. Mantelli*, *Am. falcatus*, *Turrilites tuberculatus*, *T. costatus*, *Janira quinquecostata*, *Arca carinata*, *Rhynchonella compressa*, *Terebratula biplicata*, *Inoceramus striatus*.

Dans les assises plus élevées, la faune se modifie et l'on trouve : *Holaster subglobosus*, *Pecten asper*.

L'étage cénomanien se termine par une marne argileuse grisâtre avec nombreuses ostracées : *Ostrea columba*, *O. biauriculata*, etc.

Quand on suit le prolongement de ces couches vers l'ouest, on constate des modifications profondes dans le faciès minéralogique par suite de l'apparition de la silice sous forme de gaize ou à l'état sableux.

Au sommet de la montagne de Sancerre, sous la porte de César, l'escarpement montre une gaize blanche, légère, compacte et sonore au choc.

A Vailly, on voit, au nord du village, les assises marneuses supérieures se charger de sable fin siliceux.

A la Motte-d'Humbligny, la transformation est complète : on trouve, à la base, une gaize marneuse superposée à l'argile du Gault et surmontée par des sables avec plaquettes gréseuses, qui sont l'équivalent des sables du Perche ; au-dessus viennent les argiles vertes à ostracées.

Plus à l'ouest, à Vierzon, la base du cénomanien est formée par une gaize argileuse, avec turritelles, bivalves, polypiers (*Ditrypa difformis*) et spongiaires. Elle est recouverte par des sables fins avec bancs de grès subordonnés, lesquels sont exploités pour pavés ; ils renferment *Ostrea columba* var. *minor*, *Am.* cf. *rhotomagensis*, *Am. Gentoni*, *Pecten asper*, etc. Au-dessus se trouvent les *marnes à ostracées*.

Si l'on continue à suivre les couches dans cette même direction, on verra les sables et grès cénomaniens reposer directement, à Levroux, sur le calcaire à astartes avec *Diceras :* le mouvement d'affaissement des côtes, que nous avions signalé au commencement de la période crétacée, s'est donc continué jusqu'au moment où les sables cénomaniens ont commencé à se déposer.

Les sommets de la formation crétacée sont recouverts par un manteau épais d'argile à silex, qui repose trans-

gressivement sur les diverses assises cénomaniennes et turoniennes, sans jamais déborder pourtant les marnes à ostracées; les silex, que contient ce dépôt, proviennent de la destruction des couches crétacées et renferment surtout des fossiles de la craie blanche : *Micraster coranguineum*, *Micraster cortestudinarium*, *Ananchytes ovata*.....

Après avoir ainsi indiqué rapidement l'allure générale des couches crétacées du Berry, nous allons reprendre l'étude de l'étage du Gault où se trouve le gisement phosphaté exploité dans le Sancerrois, entre Vailly, Assigny et Sury-ès-Bois.

Gault.

Sables et grès ferrugineux. — Le Gault débute, comme nous l'avons dit, par des sables grossiers, qui passent souvent à l'état de grès ferrugineux; ils présentent une certaine analogie avec les sables de la zone supérieure dits sables de la Puisaye; on peut néanmoins les distinguer assez facilement par leur grain plus grossier et surtout par la présence de gros graviers de quartz blanc.

Ces assises ne contiennent, en général, aucun fossile, sauf quelques localités où elles renferment, au contraire, une faune très abondante, mais peu riche en espèces. Nous citerons, en particulier, le plateau au-dessus de Crésancy où l'on peut recueillir dans des grès ferrugineux : *Am. Milletianus*, *Am. tardefurcatus*, *Rhynchonella sulcata*.

Ces grès n'ont pas une épaisseur bien considérable, environ 10 à 15 mètres.

Grès vert et argile téguline. — Au-dessus de ces grès ferrugineux, se montre, avec une épaisseur d'une

trentaine de mètres environ, une argile noire ou gris bleuâtre, micacée; elle présente, à sa base, un grès verdâtre ou rougeâtre excessivement fossilifère.

L'argile micacée ne renferme aucun fossile, sauf dans les nodules ferrugineux que l'on trouve à sa base, notamment dans la glaisière de la tuilerie de Saint-Satur; ils représentent probablement les grès verts qui manquent en ce point.

L'argile micacée est exploitée tout le long de ses affleurements, soit pour la fabrication de la tuile, soit pour celle des poteries; elle paraît particulièrement propre pour ce dernier travail et des fabriques importantes existent à Saint-Amand-en-Puisaye, à Myennes, sur les bords de la Loire, et à la Borne, petit village au sud d'Henrichemont (Cher).

Les procédés en usage sont des plus primitifs : ils remonteraient, d'après la tradition locale, à l'époque romaine. Le tour consiste uniquement en une roue horizontale mobile autour d'un axe vertical. En introduisant un bâton entre deux rais de cette roue et la faisant tourner, l'ouvrier arrive à lui imprimer un mouvement rapide de rotation. Il prend alors l'argile et la façonne sur le tour de manière à lui donner la forme convenable.

Les grès verts de la base offrent une faune très riche et qui a été l'objet d'une étude complète de M. de Loriol (*), faite sur les matériaux recueillis par M. Ebray et laissés par lui au musée de Genève. Nous ne citerons, d'après son travail et d'après la liste donnée précédemment par Ebray (**), que les fossiles suivants choisis parmi ceux qui sont les plus abondants ou les plus caractéristiques : *Am. mammillatus*, Sch.; *Am. Raulini*, d'Orb.; *Am. in-*

(*) Étude sur la faune des couches du Gault, de Cosne (Nièvre), par P. de Loriol (*Mém. Soc. pal. Suisse*, t. IX, 1882).

(**) *Études géologiques sur le département de la Nièvre*, par Ebray.

terruptus, Brug., et une nouvelle espèce décrite et dénommée par M. de Loriol : *Am. Ebrayi*, de Lor.; *Fusus subelegans*, d'Orb.; *F. subclathratus*, d'Orb. ; *Natica cosnensis*, de Lor.; *Turbo octavius*, d'Orb.; *Tornatella Vibrayei*, d'Orb.; *Thetis major*, Sow.

Cette faune est remarquable par sa pauvreté relative en céphalopodes, sa richesse en gastropodes, dont certaines formes sont excessivement abondantes, et en lamellibranches.

M. de Loriol conclut de son étude, dans laquelle il a examiné et dénommé un grand nombre d'espèces nouvelles, que les grès verts des bords de la Loire renferment la faune du Gault inférieur avec un faciès spécial résultant d'un mélange d'espèces de Blackdown qui la rattache; jusqu'à un certain point, à l'étage vraconnien de M. Renevier.

Sables de la Puisaye et graviers phosphatés. — Les sables de la Puisaye surmontent le massif glaiseux dont nous venons de parler; ils ont une épaisseur assez considérable et qu'on ne peut évaluer à moins d'une trentaine de mètres. Ils sont généralement très fins, de couleur jaune nankin, quelquefois agglomérés en grès ferrugineux.

Ces assises sont le prolongement de celles que l'on observe à la partie supérieure du Gault de Saint-Florentin; elles se poursuivent vers l'ouest jusqu'au delà de Vierzon, où l'on rencontre même la couche de graviers supérieurs représentée par un poudingue quartzeux à ciment lustré. Un peu plus loin encore, nous avons observé, dans une course avec M. Douvillé, une marnière où l'on trouve des fossiles phosphatés que nous rapportons au même horizon.

Les graviers supérieurs renferment une faune très riche : M. de Loriol, dans l'ouvrage dont nous avons

parlé, a étudié les fossiles de ce niveau laissés par Ebray; comme ceux-ci n'ont pu être recueillis que sur les affleurements, ils sont loin de représenter la faune complète de cette zone. La mise en exploitation de ce gisement phosphaté a permis de rassembler un plus grand nombre de formes; nos récoltes et l'envoi d'un certain nombre de fossiles que nous devons à l'obligeance d'un des exploitants, M. Joulie, administrateur de la Société des produits chimiques agricoles, nous permettent de compléter la liste donnée par M. de Loriol :

Ammonites inflatus, Sow.; *Am. Candollei; Am. Deluci*, Brong; *Am. splendens*, Sow.; *Am. Renauxi; Am. Hugardi*, d'Orb.; *Am. mamillatus*, Schl.; *Natica excavata*, Michel.; *N. gaultina*, d'Orb.; *N. ervyna*, d'Orb.; *N. Dupini*, d'Orb.; *Pleurotomaria lima*, d'Orb.; *Turbo Astieri*, d'Orb.; *T. octavius*, d'Orb.; *Turritella Vibrayei*, d'Orb.; *Apporhaïs Ebrayi*, de Lor.; *Rostellaria sp.; Avellana glareola*, de Lor.; *Pleuromya acutisulcata*, Dest.; *Pl. inequivalvis*, d'Orb. Les échantillons des deux espèces précédentes sont identiques à ceux que la collection de l'École des mines possède venant de Saint-Florentin. *Panopea Beaumonti*, d'Orb.; *Modiola ligeriensis*, d'Orb.; *Mytilus sp.; Cardium proboscideum*, d'Orb.; *C. imbricatum*, d'Orb. (*fig.* 4 et 6, Pl. 239), échantillon du néocomien de Marolles (Aube). L'échantillon de la collection Dupin, qui se trouve à l'École des mines, est identique à nos exemplaires du Sancerrois.

Trigonia subspinosa, d'Orb.; *T. Heva*, Dollf, 1863; *T. arcuata*, Ebray in de Lor.; *T. Fittoni*, Desh.; *Opis glareosa*, de Lor.; *Astarte Rhodani*, Pictet et Campiche; *Arca glabra*, Park; *A. fibrosa*, d'Orb.; *A. Hugardi*, d'Orb.; *A. Mailleana*, d'Orb. très abondante et identique aux échantillons de la craie chloritée de Rouen.

Janira æquicostata, Lamk; *J. quadricostata*, Sow; *J. cf. faucigniana*, Pictet; *J. alpina*, d'Orb.; *Thetis*

sanctæ-crucis, Pictet et Campiche; *Venilia pseudoglobosa*, de Lor.; *Caryatis Ebrayi*, de Lor.; *Lima Reichembachii*, Gein.; *Avicula Moutoniana*, d'Orb.; *Plicatula radiola*, Lamk; *Ostrea distans*, Lamk; *Terebratella Menardi*, Lamk; *Terebratula Dutemplei*, d'Orb.; *Rhynchonella sulcata*, Park-Davidson.

On trouve, en outre, des dents de *Polyptychodon*, des crustacés, des bois fossiles qui ont conservé leur texture fibreuse, etc.

La présence des bois fossiles et l'existence des nombreux céphalopodes, bivalves et gastropodes qui habitaient ensemble les eaux où se sont formés ces dépôts, semblent indiquer le voisinage d'un rivage.

La faune précédente comprend un certain nombre de céphalopodes, parmi lesquels l'*Am. inflatus* est particulièrement abondant : c'est le fossile le plus commun de la couche. Les lamellibranches, notamment les arches, les astartes, les janires, les trigonies et les panopées pullulent; par contre, les gastropodes, quoique nombreux, sont bien moins abondants que dans les grès verts. Les brachiopodes, représentés seulement par trois espèces, sont assez communs.

Cette faune présente un caractère tout à fait différent de celle des grès verts inférieurs; le nombre des espèces communes aux deux zones est très peu élevé et la répartition par groupe est loin d'être la même.

Au premier abord, il peut paraître extraordinaire que deux faunes d'assises, appartenant à un même étage, présentent un tel contraste; mais nous avons déjà donné plusieurs exemples de faits du même genre, et nous trouvons encore une fois ici la confirmation de ce principe, dont il n'est pas toujours suffisamment tenu compte : que les faunes d'assises d'un même niveau ou de niveaux voisins peuvent présenter entre elles des différences

d'autant plus grandes qu'elles correspondent à des faciès plus différents.

Dans le cas actuel, nous voyons qu'il s'est produit, entre le dépôt des grès verts et celui des graviers, de nombreux changements dans le régime des eaux, puisqu'à un dépôt sableux (grès verts) a succédé un dépôt argileux, qui a été suivi d'un nouveau dépôt sableux (sables de la Puisaye), à la fin duquel ont encore eu lieu de nouvelles modifications révélées par la présence des graviers. Dans cet intervalle de temps, les conditions vitales se sont profondément modifiées, de sorte qu'un petit nombre seulement des habitants des premiers dépôts ont pu trouver ensuite des conditions favorables à leur existence; les autres ont été remplacés par des formes contemporaines différentes qui ont rencontré, dans le nouveau régime des eaux, des conditions propices à leur développement.

Description du gisement. — Nous avons déjà dit que les marnes blanches de la craie se chargeaient, vers leur base, d'argile et de grains vert-foncé de silicate de fer et passaient à une argile glauconieuse de couleur verdâtre. C'est immédiatement au-dessous de cette argile que se montre la couche de phosphate de chaux. Cette couche se répartit suivant trois zones. La zone supérieure, d'une épaisseur d'environ 1 mètre, est formée par un mélange de sable jaune et d'argile glauconieuse; le phosphate ne s'y trouve qu'en très petite quantité, à l'état de fossiles ou de nodules; l'épaisseur de la seconde zone varie de $0^m,18$ à $0^m,40$, en moyenne $0^m,30$; elle est formée par un sable argileux et glauconieux qui renferme une grande quantité de nodules et de fossiles phosphatés. La forme des nodules varie à l'infini : ils sont tantôt en rognons arrondis ou ovoïdes, tantôt en galets plats. Ils sont ou agglomérés par un ciment phosphaté, ou plus rarement à

l'état libre au milieu du sable glauconieux. Quelquefois, les fossiles et les nodules manquent et on rencontre seulement un grès siliceux à ciment phosphaté.

Les fossiles ont généralement leur test, qui a même parfois conservé un éclat nacré, mais il est très fragile et se détache avec la plus grande facilité, de sorte qu'il est assez malaisé de les recueillir en bon état. Outre les nodules et les fossiles, la couche contient encore une assez grande quantité de débris ligneux également phosphatés. La zone inférieure, dont l'épaisseur est peu considérable, se trouve dans les sables jaunes et est formée uniquement de nodules disséminés; c'est de là qu'ils présentent leur plus grande richesse. Ils atteignent souvent une teneur de plus de 80 p. 100 de phosphate de chaux.

La seconde zone constitue le véritable gisement; c'est elle seule qu'on exploite, les nodules étant trop disséminés, surtout dans la zone supérieure, et d'ordinaire de trop petites dimensions pour pouvoir être recueillis.

La coupe, que nous venons de donner, est loin de rester partout la même; ainsi, la couche principale de phosphate de chaux n'occupe pas toujours la même position; elle descend parfois dans le sable pur, ou bien elle remonte dans l'argile glauconieuse. Elle varie de puissance et de composition d'un point à un autre, et parfois, elle se transforme en phosphate de fer.

Les nodules se présentent avec un aspect différent, selon qu'ils sont extraits de la couche glauconieuse ou qu'ils se trouvent à l'affleurement de l'assise sableuse.

Dans le premier cas, ils présentent toujours une couleur brune plus ou moins foncée, quelquefois ils sont complètement noirs.

Sous le choc, ils exhalent l'odeur fétide que nous avons déjà signalée dans les nodules liasiques.

Dans le second cas, ils sont toujours de couleur claire et parfois même d'un beau blanc laiteux.

Ces différences d'aspect proviennent de la cause que nous avons déjà fait connaître précédemment : l'action oxydante des eaux d'infiltration.

La richesse des nodules est très variable; elle oscille entre 20 et 80 p. 100 de phosphate de chaux; mais, en moyenne, on peut l'évaluer à 40 p. 100.

Voici, d'ailleurs, deux analyses faites sur des prises d'essai et représentant par conséquent à peu près la composition moyenne :

I

Sable	47,40
Phosphate de chaux	44,70
Carbonate de chaux	7,90
	100,00

II

Perte par calcination	2,00
(non compris l'acide carbonique).	
Phosphate de chaux	40,50
Carbonate de chaux	9,50
Sable	48,00
	100,00

Nous ajouterons à ces analyses, les suivantes faites par M. Péneau, directeur de la station agronomique du Cher.

Analyse d'une térébratule.

Silice	60,55
Acide phosphorique	15,96
— carbonique	0,48
Chaux	20,01
Alumine, oxyde de fer	3,00
Traces de sulfates	»

Analyse d'un nodule ayant la forme d'un galet.

Silice	13,95
Acide phosphorique	38,39
— carbonique (traces)	»

Chaux	46,05
Alumine, oxyde de fer	1,60

Analyse d'un échantillon formé d'un sable quartzeux aggloméré par un ciment de phosphate de chaux.

Sable quartzeux, argile	74,00
Oxyde de fer, alumine	1,20
Phosphate de chaux	24,80

Analyse d'un bois fossile.

Acide carbonique, humidité, matières organiques.	11,96 renfermant	Carbone organique.	0,12
		Azote	0,02
Silice	0,50		
Acide phosphorique.	33,00		
Chaux	51,36		
Oxyde de fer et alumine	3,18		
Traces de sulfate	»		

Résumons ici les résultats obtenus pour la composition des nodules des divers gisements : nous pouvons dire que si les nodules ont une richesse en phosphate assez variable, la moyenne ne s'écarte guère, en général, de 40 p. 100. Ils contiennent tous une matière organique carbonée et azotée qui, par le choc ou le frottement, dégage une odeur fétide. On y constate encore, d'une manière constante, la présence du fluor; elle se décèle, d'ailleurs, facilement par l'attaque que subissent les vases en verre dans lesquels on traite les nodules par l'acide sulfurique; les vapeurs de l'acide fluorhydrique, produit dans la réaction, en dépolissent rapidement la surface. Enfin, on a constaté, dans les nodules de certains gisements, notamment de ceux du Lot, la présence d'une très petite quantité d'iode, et il paraît très vraisemblable que ce corps doit accompagner également le fluor dans tous les nodules.

PÉRIODE ÉOCÈNE.

Nous avons constaté la présence de l'acide phosphorique en quantité notable dans un gisement de marne autrefois exploité dans les environs d'Argenton, près de la ferme des Prunes, sur la rive gauche de la Creuse. Sa richesse en ossements fossiles et les travaux de Cuvier sur ces débris lui ont donné une certaine notoriété.

Au point de vue géologique, ce gisement présente, d'ailleurs, un assez grand intérêt, car il est, dans toute cette partie du bassin tertiaire parisien, le seul représentant d'une formation que l'on retrouve seulement à une très grande distance.

Son étendue superficielle n'est que de quelques ares; il forme une poche au milieu des calcaires oolithiques bothoniens. Les parois en sont irrégulières et bosselées et la marne tertiaire englobe des blocs de calcaire oolithique dont les surfaces paraissent rongées.

A la base, la poche présente une marne argileuse un peu verdâtre dans laquelle sont disséminés des nodules blancs, crayeux et très friables : l'analyse montre qu'ils sont formés de phosphate de chaux presque pur.

La marne elle-même, après séparation des nodules et des fragments d'os qu'elle renferme, contient encore 2 p. 100 d'acide phosphorique.

Elle passe à la partie supérieure à un calcaire marneux jaunâtre à texture grenue, qui, par places, est durci et tubulé et renferme des lymnées et des planorbes, en trop mauvais état de conservation, d'ailleurs, pour être susceptibles d'une détermination exacte. Il offre donc une grande analogie avec les calcaires lacustres de la région, qui appartiennent à l'horizon du calcaire de Château-Landon. On serait ainsi tenté de l'assimiler à ces mêmes calcaires, mais la faune, qu'il renferme, ne

permet pas de s'arrêter à cette apparence et démontre qu'il appartient à un niveau plus ancien, à l'étage du calcaire grossier de Paris.

Dans le voisinage immédiat de la marnière, on trouve la formation sidérolithique, formée d'argiles blanches kaoliniques flambées de rouge, et de grès à ciment kaolinique plus ou moins siliceux. Malgré leur voisinage, je n'ai pu observer les relations naturelles des deux dépôts; mais comme l'argile et les grès sidérolithiques appartiennent au niveau du gypse des environs de Paris, on voit qu'ils sont postérieurs à la marne lacustre.

La marnière des Prunes a surtout fourni en abondance des ossements de mammifères, des dents de crocodiles et des débris divers de tortues (*Trionyx*); à l'époque où elle était en exploitation, vers le commencement de ce siècle, plusieurs mètres cubes d'ossements furent envoyés à Cuvier, par M. Rollinat, propriétaire du domaine des Prunes, et furent décrits dans le célèbre ouvrage sur les ossements fossiles.

Les restes de mammifères, trouvés aux Prunes, appartenaient à des pachydermes (*Lophiodon*, *Pachynolophus*) très voisins des tapirs. Avec les dents, on a rencontré un tibia, des astragales, un calcaneum et des métatarses qui font supposer que ces animaux avaient des membres assez semblables à ceux des tapirs (*).

Les espèces trouvés aux Prunes, sont :

Lophiodon medium, *L. minimum*, *Pachynolophus* (*Propalæotherium*) *argentonicus*, *P. isselanus*.

On y recueille encore, en très grande abondance, des dents d'un crocodile, *Crocodilus Rollinati;* avec ces dents, Cuvier avait reçu des vertèbres et des os longs. Cette espèce se distingue des crocodiles vivants par des

---

(*) *Les enchaînements du monde animal :* Mammifères tertiaires, par Albert Gaudry.

dents beaucoup plus à bords tranchants dentelés et par des vertèbres dorsales plus courtes proportionnellement à leur longueur.

Ce minuscule îlot de marne n'est pas moins intéressant par sa faune, qui le rattache aux dépôts de même âge d'Issel (Aude) et de Soissons, que par la présence du phosphate de chaux, qui le rapproche des gisements de phosphorites du Lot et de Quercy. L'âge de ces derniers n'est pas exactement le même, mais ils appartiennent, comme le premier, à la dernière partie de la période éocène, et cette coïncidence de l'apparition de l'acide phosphorique dans le bassin parisien et dans le bassin girondin est digne d'être remarquée.

D'ailleurs la marne des Prunes, par la forme de son gisement, par ses relations avec la roche encaissante, paraît être un dépôt de source minérale, et c'est à la même origine aussi que la plupart des géologues rapportent les phosphorites de Quercy.

EXPLOITATION DES NODULES PHOSPHATÉS.

Extraction. — Jusqu'à ce jour, l'exploitation des nodules a toujours eu lieu à ciel ouvert, sauf quelques essais par travaux souterrains qui ont été tentés dans le Sancerrois.

L'exploitation à ciel ouvert se fait par grandes tranchées dont la hauteur ne dépasse guère 2 mètres, en général, et dont la longueur varie suivant la disposition du chantier et les limites de la parcelle que l'on veut fouiller. On met la couche de nodules à découvert sur une largeur d'environ 2 mètres, en rejetant en arrière les terres de recouvrement pour remblayer l'excavation, puis on enlève les nodules au pic et à la pelle et on

recommence à avancer, en abattant la masse qui recouvre la couche phosphatée.

D'ordinaire, l'abattage a lieu par tranches verticales que l'on fait tomber en souscavant la base du front de taille. Quand la couche est située à une faible profondeur et que le découvert se compose uniquement d'argile, comme cela a lieu dans les exploitations du Sancerrois, le déblai se fait parfois à la bèche.

Le prix de revient varie évidemment suivant la profondeur à laquelle se trouvent les nodules et suivant l'épaisseur de la couche.

En moyenne, on peut évaluer que le déblaiement des terres de recouvrement coûte, selon les difficultés du travail, de $0^{f},50$ à $0^{f},80$ le mètre cube et que le rendement de la couche en nodules oscille entre 5 et 10 mètres cubes par are.

Préparation. — Le nettoyage des nodules a lieu par criblage ou par lavage.

Dans la première méthode, les nodules sont criblés, à diverses reprises, sur une claie ou sur un treillis, après avoir subi un fanage; cette dernière opération consiste à les étaler en couche mince à la surface du sol et à les retourner de temps à autres avec un râteau, de manière à ce que toutes les surfaces soient exposées à l'action de l'air et du soleil; en se desséchant, la gangue argileuse, qui empâte les nodules, subit un retrait et se sépare dans le criblage.

Le lavage se fait d'ordinaire presque immédiatement après l'extraction; il a lieu à l'eau courante lorsque l'on se trouve au voisinage d'un ruisseau, ou dans un bassin lorsqu'on n'a à sa disposition que les eaux pluviales.

On recueille, dans ce but, toutes celles qui ruissellent à la surface ou qui se rassemblent dans les fossés de clôture et on les envoie aux chantiers par des rigoles.

Dans le Sancerrois, on emploie, pour le lavage, la méthode *à la casse*, autrefois d'un usage si général dans les minières du Berry. Les nodules à laver sont mis dans des casses en tôle perforée, suspendues par une corde à l'extrémité d'une perche flexible, laquelle est maintenue inclinée par deux pieux enfoncés dans le sol et dont les extrémités se croisent. En faisant plonger la casse dans l'eau à diverses reprises, les nodules se débourbent et se lavent; un ouvrier peut produire 1^{m^3} à $1^{m^3},50$ de nodules nets par jour.

Les eaux, qui ont servi au lavage, sont envoyées dans un bassin inférieur où elles déposent les matières qu'elles tiennent en suspension. Dans les chantiers où l'on emploie cette méthode, l'eau est d'ordinaire assez rare et on cherche à l'utiliser de nouveau lorsqu'elle s'est clarifiée. Le procédé mis en usage pour la remonter dans le bassin supérieur, est des plus primitifs et également emprunté à l'ancien système de lavage du Berry; il mérite d'être décrit pour son originalité.

L'appareil se compose uniquement d'une pelle en bois, en forme d'écope, munie d'un long manche et suspendue au-dessus du bassin par une corde attachée à trois pieux formant trépied. L'ouvrier, en imprimant à cette corde un mouvement d'oscillation et levant ou abaissant le manche de la pelle en temps convenable, parvient à prendre une certaine masse d'eau et à la lancer dans le bassin supérieur.

Un ouvrier, habitué à ce genre de travail, arrive à remonter rapidement, jusqu'à une hauteur de 2 mètres un volume d'eau notable; mais nous ne nous sommes pas rendu compte de l'effet utile obtenu; il est probable que le principal avantage de ce système est, outre un rendement satisfaisant, son extrême simplicité, qui en rend l'installation facile et rapide.

Le phosphate de chaux est livré à l'agriculture à l'état

naturel, simplement réduit en poudre fine, ou après avoir subi diverses préparations chimiques.

Les nodules nettoyés sont amenés dans les usines où ils sont soumis successivement à l'action d'un concasseur mécanique et à celle de meules. On obtient ainsi, par plusieurs repassages, une poudre d'une extrême ténuité.

En traitant le phosphate de chaux naturel, qui est tribasique ($Ph.O^5$, 3CaO) par une quantité convenable d'acide sulfurique, on obtient un phosphate acide ($Ph.O^5$, CaO. 2HO) qu'on désigne sous le nom de superphosphate et dans lequel l'acide phosphorique se trouve à l'état de phosphate soluble dans l'eau.

On fabrique du phosphate, dit précipité, en dissolvant le phosphate basique dans de l'acide chlorhydrique et le précipitant ensuite par un lait de chaux ; le produit de cette opération est un phosphate bibasique ($Ph.O^5$, 2CaO. HO) facilement attaquable par les acides faibles et dans un état de division tel qu'il est aisément assimilable par les plantes.

En mélangeant les superphosphates avec des substances azotées, minérales ou organiques, on obtient des engrais présentant une grande analogie avec les guanos et désignés pour cette raison, sous le nom de phospho-guanos.

Enfin, en mélangeant les superphosphates avec des matières azotées et potassiques, on fabrique ce que l'on appelle des engrais complets, ainsi dénommés parce qu'ils renferment les trois substances, indispensables à la végétation, qui d'ordinaire existent en trop faible quantité dans les sols arables.

ORIGINE DES DÉPÔTS DE PHOSPHATE DE CHAUX.

La question de l'origine des gîtes de phosphates de chaux intercalés dans les terrains stratifiés, est encore

très controversée ; tandis que certains géologues considèrent cette substance comme ayant été amenée directement des profondeurs du globe par des sources minérales, d'autres ne veulent y voir qu'un résidu de substances organiques.

A l'appui de cette dernière opinion, on a quelquefois fait valoir la richesse en fossiles des dépôts phosphatés et on a voulu établir une corrélation entre la présence de la matière organique et cette accumulation de débris animaux.

Cet argument est loin d'être satisfaisant, car il existe bien des couches fossilifères dans lesquelles le phosphore fait complètement défaut ; d'autre part, la quantité, contenue autrefois dans les animaux dont nous trouvons aujourd'hui les débris, était une portion beaucoup trop minime de leur poids total pour expliquer les masses énormes que l'on rencontre dans les gisements.

Cette opinion, ainsi présentée, n'est donc pas soutenable ; si les dépôts sédimentaires de phosphate calcaire contiennent d'ordinaire en abondance des coquilles de toutes sortes, ce phénomène n'est pas spécial aux gisements de cette nature ; il y a quantité d'autres couches, qui sont dans les mêmes conditions, entre autres celles d'oolithes ferrugineuses ; elles sont, en général, extrêmement fossilifères et ont acquis, pour cette raison, une certaine réputation ; on peut citer, à l'appui de cette observation, les gisements classiques de Bayeux, La Voulte, La Verpillière, etc.

Il est probable que, dans les mers où se formaient ces deux sortes de dépôts, la présence de l'acide phosphorique ou celle du fer créait des conditions favorables au développement de la vie ; ainsi pourrait s'expliquer facilement et d'une manière très plausible la richesse de faune spéciale à ces couches.

Cette observation montre encore que ces matières

minérales devaient être dans un état très dilué, sans quoi elles eussent produit un milieu absolument délétère; enfin la constitution de la couche montre que l'arrivée du phosphore ou du fer a eu lieu pendant toute la durée de son dépôt.

Il n'existe donc aucun doute sur le mode de formation des gisements. La substance phosphatée existait dans les mers à l'état de dissolution et sa précipitation a été principalement favorisée par la matière organique, ainsi que le prouvent tous les débris qu'elle a fossilisés : coquilles, bois, etc. L'excès de phosphore s'est ensuite précipité sous formes de nodules et a fourni un ciment pour agglomérer ceux-ci.

Il reste à rechercher l'origine de cette substance.

Une explication, certainement acceptable, consiste à supposer qu'elle provient de débris animaux, qui se seraient accumulés sur certains points, à peu près comme il se forme encore aujourd'hui, dans certaines conditions spéciales, des amas considérables de guanos. Le phosphate de chaux de ces débris aurait été dissous par l'acide carbonique et amené à l'état de solution dans les eaux de la mer.

Il est vrai que, tout en admettant la possibilité de cette hypothèse, nous ne voyons pas qu'on ait jamais fourni aucun argument sérieux en sa faveur.

La présence constante dans les nodules d'une matière organique azotée a été invoquée à l'appui de cette manière de voir; mais nous allons montrer que cet argument doit être écarté, car il est peu probant et pourrait même être cité à l'appui de l'autre hypothèse.

Tous les dépôts sédimentaires renferment, en général et en plus ou moins grande abondance, une matière organique; près des affleurements, celle-ci disparaît sous l'action comburante des eaux atmosphériques chargées d'oxygène et d'acide carbonique; mais on la retrouve tou-

jours à une certaine profondeur, et quelquefois même assez près de la surface, lorsqu'elle a été préservée par une couche supérieure imperméable.

C'est ainsi qu'en sous-sol toutes les argiles d'origine sédimentaire sont d'un noir bleuâtre très foncé et que cette couleur disparaît à la longue par l'exposition à l'air; de même les calcaires, blancs à la surface, deviennent bleuâtres en profondeur, et, lorsqu'ils sont ramenés au jour, ils perdent peu à peu cette teinte.

La présence constante d'une matière organique dans les roches sédimentaires est, d'ailleurs, en rapport avec les conditions mêmes du dépôt, car les eaux de toute nature contiennent en dissolution des matières organiques, et les roches qui s'y forment doivent en entraîner une certaine proportion.

Ajoutons enfin que l'existence de matières organiques dans les profondeurs du globe est aujourd'hui acceptée par un grand nombre de géologues : les pétroles sont regardés comme une émanation des régions internes, et la plupart des sources minérales déposent au jour une matière albuminoïde spéciale. Dans cet ordre d'idées, la présence dans les nodules d'une matière organique se concilie très bien avec l'hypothèse de l'origine directement souterraine du phosphate de chaux.

Il faut donc reconnaître que le fait invoqué ne jette aucune lumière dans la question; il en est de même, d'ailleurs, de la présence du fluor, qui existe dans tous les nodules.

Au premier abord, on serait tenté de comparer la composition de ceux-ci à celle de l'apatite, qui renferme une proportion notable de fluor, et de déduire de cette assimilation l'analogie de leur origine; ce rapprochement est séduisant, mais, au fond, il est sans valeur.

On peut dire, en effet, en empruntant une expression de M. Élie de Beaumont, que le fluor est, dans la nature,

le compagnon fidèle du phosphore; dans les matières minérales, aussi bien que dans les matières organiques, ils sont toujours associés : ils se trouvent ensemble dans les os, dans l'apatite, dans les nodules; il est donc impossible, au point de vue qui nous occupe, de tirer aucune déduction de leur présence simultanée.

En résumé, il n'a été présenté aucune considération décisive en faveur de l'origine organique des dépôts phosphatés; c'est simplement une hypothèse qui n'a contre elle aucune impossibilité absolue.

Cette hypothèse ne fait, d'ailleurs, que reculer la difficulté, car il faut bien admettre, en dernière analyse, que le phosphore a été primitivement emprunté aux régions profondes du globe; la mer en renferme une quantité trop minime pour que cette substance aie pu être tirée directement de ses eaux. Si l'on supposait même qu'aux époques anciennes elle en aie contenu de plus fortes proportions, il en résulterait que sa dispersion aurait dû avoir lieu d'une manière plus régulière dans les couches, ou bien que sa présence provenait de la destruction successive d'anciens filons d'apatite. Il resterait alors à montrer que celle-ci coïncide avec les périodes où les dépôts de phosphate se sont produits; jusqu'à ce jour, cette démonstration n'a pas été faite et rien ne permet de prévoir qu'elle puisse l'être : on peut même dire qu'elle paraît peu probable.

Enfin, on ne voit pas comment les accumulations de matières organiques, dont on invoque l'existence, ont pu avoir lieu : il faut, comme nous le disions, admettre la destruction d'anciens gisements de phosphate. Cette substance serait alors entrée en dissolution dans les eaux d'où elle aurait été soutirée par l'organisme, pour reconstituer, sur certains points, les gisements d'origine sédimentaire. Le mécanisme de ce mode de formation est assez compliqué par lui-même pour qu'il soit admis difficile-

ment. D'autre part, quels auraient été les êtres qui ont eu le rôle d'extraire de la sorte l'acide phosphorique qu'elle tenait en dissolution? On n'en trouve aucun débris; les coprolithes eux-mêmes sont d'ordinaire très rares dans les couches de nodules, et le plus souvent y font complètement défaut, quoique, par une expression vicieuse, on emploie fréquemment le mot de coprolithes pour désigner les nodules phosphatés. Enfin, pourquoi ces dépôts sont-ils abondants dans la série des terrains sédimentaires, tantôt sur des surfaces très étendues, comme dans le Gault, tantôt, au contraire, restreints dans des limites resserrées? Il y a là une foule de questions de détail dont on n'aperçoit pas la solution dans l'hypothèse que nous examinons.

Par contre, celle de l'origine interne écarte ces difficultés. On oppose bien à celle-ci l'absence de filons phosphatés dans les couches secondaires sous-jacentes; mais cet argument prouve seulement que le phosphore n'est pas arrivé au jour dans les mêmes conditions, lorsqu'il a formé des filons d'apatite ou lorsqu'il a été déposé en couches; les sources qui l'amenaient, dans ce dernier cas, ont circulé dans les fentes de l'écorce terrestres sans les incruster, ainsi que le font encore les eaux minérales qui viennent sourdre aujourd'hui à la surface. Il est probable que le phosphate de chaux était tenu en dissolution par un excès d'acide carbonique, dont le départ a amené la précipitation de cette substance.

Les apports des profondeurs du globe, soit par éruptions, soit par émissions de sources minérales, ont joué un rôle important dans la construction de la croûte terrestre et même dans la formation des dépôts sédimentaires.

Or, comme le fait remarquer M. Daubrée, le phosphore existe en quantité notable, dans les régions souterraines, ainsi que le prouve l'existence de l'apatite en filons ou son

association à des substances métallifères qui affectent le même mode de gisement; le phospore se trouve également dans les roches granitiques, et plus abondamment encore dans les roches éruptives basiques.

Enfin, preuve plus directe, on constate encore aujourd'hui sa présence dans certaines sources, par exemple, dans les eaux de Carlsbad.

Ajoutons que les gisements sédimentaires de phosphate de chaux sont souvent en relation intime avec des dépôts ferrugineux regardés d'ordinaire comme produits par des sources minérales. Ainsi, nous avons indiqué, au cours de cette note, que le gisement de nodules de la base du lias supérieur passait latéralement à une couche d'oolithes ferrugineuses; qu'il en était également de même pour les nodules de la base du lias moyen (couche à *Spiriferina pinguis*) remplacés, du côté de Celon, par une oolithe ferrugineuse.

Cette connexion mérite d'être prise en considération, et déjà M. Élie de Beaumont avait signalé l'association constante de la glauconie et du phosphate de chaux.

La répétition des niveaux phosphatés dans la série sédimentaire n'est pas sans analogie, d'ailleurs, avec la fréquence des horizons ferrugineux.

Nous pensons donc que les gisements de phosphate de chaux doivent être considérés, en général, comme résultant d'un apport interne ; cette substance aurait été amenée au jour par des sources chargées d'acide carbonique, circulant dans des fissures de l'écorce terrestre. Elle se serait mélangée aux eaux de la mer et sa présence aurait contribué, pour une large part, au développement d'une faune abondante, dont elle aurait fossilisé les débris.

Ces émissions auraient eu lieu dès les époques les plus anciennes de l'histoire de la terre, car le phosphore existe dans les roches cristallines et dans toutes les assises sédimentaires, depuis le silurien jusqu'au tertiaire.

CONCLUSION.

En résumé, nous avons signalé, au cours de notre rapport, six nouveaux horizons phosphatés dont un a déjà été mis en exploitation depuis plusieurs années; nous avons montré, en outre, l'extension dans la Nièvre de la couche de phosphates découverte par M. Douvillé, au nord de La Guerche.

Les conclusions pratiques à déduire de notre étude géologique sont les suivantes :

1° Les gisements phosphatés sont très abondants dans la série des terrains sédimentaires; si leur recherche était poursuivie avec méthode, on arriverait, sans aucun doute, à en trouver qui seraient susceptibles d'exploitation dans beaucoup de régions où on ne soupçonne même pas leur existence.

2° Il existe une connexion, sinon absolue, du moins très générale, entre les gisements phosphatés et les horizons ferrugineux ou fossilifères : les recherches doivent donc être dirigées de préférence sur les couches qui offrent l'un et l'autre de ces caractères.

Décembre 1884.

NOTE ADDITIONNELLE.

Pendant l'impression des pages qui précèdent, nous avons eu l'occasion de visiter de nouveau les environs de Saint-Maixent et nous avons constaté, au milieu des calcaires bajociens inférieurs au banc pourri à *Am. zig-zag*, *Am. polymorphus*, etc., l'existence d'un autre banc fossilifère présentant quelque analogie avec le précédent.

Les principaux fossiles qu'il renferme sont : *Am. Parkinsoni*, *Am. subradiatus*, *Am. Martiusi*. Leur examen nous a montré qu'ils contenaient une certaine proportion d'acide phosphorique, environ 8 p. 100. Sur certains points, notamment à Mougon, l'*Am. Niortensis* est très abondant et aussi à l'état phosphaté.

Nous croyons, en outre, que très probablement le niveau fossilifère du bathonien supérieur, à *Am. aspidoïdes*, *Am. arbustigerus*, etc., doit, également en raison de son analogie avec le banc pourri, renfermer, par places, une certaine proportion d'acide phosphorique.

Enfin, nous ajouterons que nous avons eu l'occasion de voir dans une collection particulière des échantillons de fossiles calloviens, ayant l'aspect ordinaire des fossiles du Gault, de sorte que nous avons tout lieu de penser que, dans certaines régions de la France et à l'étranger, ce niveau aussi doit contenir des nodules phosphatés.

Ces observations confirment les conclusions précédentes, et montrent, en outre, la multiplicité des horizons du système jurassique où se rencontre le phosphate de chaux.

Nous terminerons en signalant la présence de quelques nodules phosphatés dans les marnes du lias supérieur de la Nièvre, à *Am. opalinus*, *Gryphæa Beaumonti*, *Rh. cynocephala*, *etc.* : nous avons constaté tout dernièrement leur existence aux environs de Saincaize et l'examen chimique nous a montré qu'ils renfermaient une assez forte proportion d'acide phosphorique.

NOTE

SUR

L'ÉTAT ACTUEL DE LA LÉGISLATION DES MINES

AU BRÉSIL

Par M. A. de BOVET, ancien élève de l'École
nationale supérieure des Mines.

La législation des mines n'est pas encore complètement fixée au Brésil ; les seuls points acquis sont les suivants :

1° La résolution impériale du 13 octobre 1866, rendue sur avis du Conseil d'État, confirme le principe du droit régalien en ce qui concerne la propriété des mines.

Antérieurement à cette date, la législation avait été variable. C'est ainsi que la loi du 20 octobre 1823 avait déclaré applicable, au Brésil, la législation portugaise, antérieure au 25 avril 1821, sauf celles de ses dispositions qui auraient été spécialement révoquées : le principe de la législation portugaise était que les mines appartiennent à la Couronne.

Le décret du 17 septembre 1824 avait confirmé les anciens règlements en tant qu'ils faisaient dépendre d'une concession le droit à l'exploitation.

Mais le décret du 27 janvier 1829 déclarait que les sujets de l'Empire avaient droit d'exploiter toutes mines en terrains leur appartenant, soit directement, soit au

moyen de compagnies nationales ou étrangères, sans avoir besoin d'autorisation spéciale, en se soumettant aux lois du pays, et payant uniquement les impôts existants.

La loi n° 59 du 8 octobre 1833 autorisait en même temps l'État à passer des contrats avec des particuliers ou des sociétés, nationaux ou étrangers, pour l'exploitation des mines dans les domaines de l'État (les terres diamantifères exceptées).

En rétablissant le principe du droit régalien, la résolution impériale du 13 octobre 1866, citée plus haut, révoquait spécialement le décret du 27 janvier 1829, et il doit être bien entendu aujourd'hui que les mines ne peuvent être exploitées qu'en vertu d'une concession.

2° La loi n° 1507, du 26 septembre 1867, autorise les étrangers à demander et obtenir des concessions de mines, soit en leur nom personnel, soit au nom d'une société.

Elle soumet les concessions à une taxe fixe annuelle de 5 reis (au pair 5 reis valent $0^{f},015$) par brasse carrée ($4^{mq},84$) et à une taxe proportionnelle de 2 p. 100 sur le rendement (déduction faite des dépenses). Il n'est spécifié aucun droit à payer au propriétaire du sol.

Enfin elle donne mission au gouvernement de préparer un règlement déterminant la classification légale des gisements, les conditions dans lesquelles il pourra être accordé des concessions, les obligations des concessionnaires, etc.

Les carrières ne sont pas considérées comme mines; il est de droit commun et d'usage immémorial qu'elles appartiennent aux propriétaires du sol. Il en est de même des salines. Cette doctrine est affirmée par la résolution impériale du 26 octobre 1859, rendue sur avis du Conseil d'État.

La résolution impériale du 31 juillet 1854 déclare que

la houille doit être classée au nombre des substances qui ne peuvent être exploitées qu'en vertu d'une concession. Mais en dehors de ce point spécial, aujourd'hui fixé, aucun texte ne détermine quels sont les gisements qui seront considérés comme mines, et ceux qui seront considérés comme carrières.

L'ancienne législation portugaise, procédant uniquement par cas particuliers, ne peut apporter aucun élément à la résolution de la question (*).

En ce qui concerne notamment les minerais de fer, il paraît admis que les propriétaires du sol peuvent exploiter ceux-ci sur leur propriété, sans concession, en tant au moins qu'ils ne peuvent être exploités que comme les minières en France, et c'est généralement le cas au Brésil. On pourrait cependant citer des décrets portant concession pour l'exploitation de minerais de fer, mais, en général, croyons-nous, sur des terrains appartenant au domaine public.

En vertu du décret n° 1930 (26 avril 1857), art. 122 et 123, le droit d'expropriation accordé à toute entreprise de chemin de fer s'étend non seulement aux terrains compris sur les plans mais aussi aux mines de charbon, *areas* (sables) et carrières et à toutes autres matières nécessaires aux constructions et situées dans le voisinage du chemin de fer. Les propriétaires desdites mines peuvent éviter l'expropriation en fournissant les matériaux, à l'amiable, à des prix raisonnables ou en consentant à leur extraction.

Je donne ici la traduction littérale de ces articles sans vouloir entreprendre leur interprétation.

Ce décret stipulait, en outre, que les mines de houille dans la zone concédée à une entreprise de chemin de fer

(*) En effet cette législation autorisait l'octroi de concessions de mines d'or, d'argent et autres métaux sans autres indications plus précises.

pouvaient être « *exploradas* » au delà, sous des terrains appartenant à des particuliers qui devront du reste être indemnisés, quelles que soient d'autre part les dispositions législatives relatives auxdites mines. Toutes les autres mines découvertes par suite des travaux d'étude ou de construction des chemins de fer sont régies par les lois ordinaires.

Le verbe « *explorar* » que je n'ai pas traduit signifie rigoureusement « faire des travaux de recherche » mais je dois ajouter qu'il est actuellement employé parfois dans le sens exploiter.

Les décrets ultérieurs n°s 5561 (28 février 1874) et 6995 (10 août 1878), donnent la préférence aux compagnies de chemins de fer pour l'exploitation des mines dans la zone qui leur est concédée (zone dont la largeur à droite et à gauche de la voie est indiquée dans le décret de concession de la ligne et où il ne peut être construit d'autre chemin de fer); mais les conditions de la concession pour l'exploitation doivent faire l'objet d'un décret spécial.

Enfin, l'exploitation des diamants est soumise à une réglementation particulière sur laquelle je reviendrai ultérieurement.

En l'état actuel, il semble admis, et c'est l'opinion soutenue par M. de Souza Bandaira filho dans sa thèse de concours pour la chaire de droit administratif de l'École polytechnique, que toute affaire de mines du domaine administratif dépend du ministère de l'agriculture, commerce et travaux publics, et que notamment qu'il s'agisse soit de recherche, soit d'exploitation, même dans le cas d'un propriétaire opérant sur son propre terrain, il est indispensable d'obtenir une permission ou une concession donnée par ce même ministère. Il faut toutefois signaler quelques anomalies à ces règles de compétence.

Au temps de la domination portugaise, tout ce qui concernait la demande et l'obtention des concessions, leur démarcation, etc., était du ressort d'agents nommés *Guardas mores*, opérant dans les provinces sous la surveillance des présidents. Actuellement la province est au Brésil une division administrative analogue à ce qu'est en France le département, mais beaucoup plus étendue; elle a, en outre, une plus grande autonomie : elle est administrée par un fonctionnaire nommé Président, correspondant à notre préfet, qui représente dans la province le pouvoir exécutif, et par l'Assemblée provinciale, équivalente de notre Conseil général, mais avec des attributions plus étendues. Aujourd'hui que l'État a proclamé son droit absolu en matière de concession de mines et l'exerce directement par son ministre du commerce, agriculture et travaux publics, sans délégation aux présidents, la persistance de l'institution des *Guardas mores* dans la province de Minas-Geraës, peut sembler irrégulière. Parfois les gens du pays s'adressent cependant encore à eux pour obtenir des concessions. Que valent des concessions ainsi données? Il semble qu'il puisse y avoir là matière à de sérieuses contestations.

Il est, croyons-nous, actuellement, plus régulier et plus sûr d'obtenir une concession du ministère des travaux publics, agriculture et commerce, et cependant, quoique les *guardas mores* ne continuent à fonctionner, à Mineas, que par application de l'ancien état de choses, il serait peut-être difficile de faire annuler une concession donnée actuellement par eux. Il semble résulter, en effet, d'un jugement récent de la cour d'appel d'Ouro-Preto (capitale de la province de Minas-Geraës), annulant une concession donnée dans ces conditions, que ce tribunal, tout en annulant la concession pour d'autres motifs, reconnaît aux *Guardas mores* le droit d'exercer leurs

anciens pouvoirs légalement (voir la *Revenha juridica*, numéro de septembre 1884).

En tous cas, les concessions données anciennement par les *Guardas mores*, sous l'empire de la législation portugaise, avant que le ministère de l'agriculture commençât à les donner directement, doivent, croyons-nous, être considérées comme parfaitement régulières. Il n'est pas, à notre connaissance, qu'aucun texte exige une confirmation de ces concessions par le ministère.

Autre exemple de l'intervention de l'administration provinciale en matière de législation minérale. En 1875, l'Assemblée provinciale de Minas-Geraës (loi provinciale n° 2181, 25 nov. 1875), établit un impôt de 4 p. 100 sur l'or extrait dans toutes les mines de la province, la valeur de l'or étant admise pour l'établissement de cette taxe à 900 reis le gramme. Un règlement du 21 mars 1878, organisant le recouvrement de cet impôt, indique (art. 1er) qu'il sera perçu dans toutes les exploitations employant plus de 25 ouvriers. La loi provinciale 2476 (9 nov. 1878) déclare que l'impôt en question sera perçu sur les produits de l'exploitation, déduction faite des dépenses. Enfin la loi provinciale n° 2815 (22 octobre 1881) le transforme en un impôt de 1 p. 100 sur le produit brut. Les choses, je crois, en sont encore là, sans que la Compagnie de Morro-Velho, qui avait pris en main la défense des intéressés, ait encore pu faire établir, d'une façon *pratique*, l'incompétence de l'assemblée provinciale de Minas à légiférer sur une matière qui est exclusivement du domaine du gouvernement général.

De toutes façons, les dispositions législatives indiquées ci-dessus laissent encore bien des points vagues : il y a lieu de croire que le règlement prévu par la loi du 26 septembre 1867 déterminera, d'une façon nette et précise, tout ce qu'il y a encore d'incertain en ces

matières; mais ce règlement, qui est en préparation, n'a pas encore été présenté, et pour le moment chaque concession fait l'objet d'un décret où sont stipulés dans une série d'articles les droits et obligations des concessionnaires. Ces décrets étaient autrefois très différents d'une concession à une autre. On semble aujourd'hui au ministère de l'agriculture, commerce et travaux publics, s'attacher à les uniformiser. Il peut dès lors devenir possible de déduire, de l'étude et de la comparaison des derniers décrets de concession, l'ensemble des dispositions légales auxquelles est soumise, au Brésil, actuellement, l'industrie des mines, et sans doute aussi le sens général du règlement à intervenir.

Cette étude a été faite par M. Souza Bandaira, dans la thèse déjà citée. Je vais indiquer, d'après lui, dans quels termes sont accordés d'abord les permis de recherche, ensuite les concessions définitives.

Permis de recherche. — 1° Indication exacte de la surface octroyée.

2° Obligation d'employer les procédés recommandés par la science.

3° Obligation d'obtenir une autorisation écrite du propriétaire superficiaire, toutes les fois que les travaux nécessiteront l'exécution de sondages, puits, galeries, excavations à ciel ouvert. Au cas où cette autorisation serait refusée sans motifs valables, les présidents de province y peuvent pourvoir, conformément à des instructions spéciales, et de façon que les propriétaires soient en tous cas indemnisés des préjudices qu'ils peuvent avoir à souffrir.

4° Obligation de rétablir le cours naturel des eaux qui auraient été déviées. En tous cas, ces dérivations ne peuvent se faire qu'après avoir obtenu l'autorisation des tiers à qui elles pourraient être préjudiciables.

5° Si les travaux amènent la formation de marécages susceptibles de nuire à la salubrité du voisinage, obligation de dessécher les terrains immergés et de les rétablir dans leur état primitif.

6° Les recherches au moyen de puits ou galeries sont défendues :

(*a*) Sous les édifices et à 15 mètres de leur périmètre, sauf, pour le second cas, autorisation écrite des propriétaires : il n'y a aucun recours contre le refus de cette autorisation ;

(*b*) Sous les chemins et les routes et à 10 mètres de leurs bords ;

(*c*) Sous les villes, villages, hameaux.

7° Obligation d'établir un plan topographique et géologique des terrains étudiés avec coupes montrant, autant que les travaux le permettront, la superposition des couches ; ces plans seront remis par l'intermédiaire des présidents de province au ministre de l'agriculture, commerce et travaux publics en y joignant :

(*a*) Des échantillons des roches et minéraux rencontrés ;

(*b*) Une description détaillée de la puissance des gisements et des terrains dont l'occupation serait nécessaire pour l'exploitation ; l'indication des noms des propriétaires, des édifices existants sur ces terrains et de leur destination ;

(*c*) L'indication des moyens de transport pour les produits de l'exploitation et la distance des mines aux agglomérations voisines.

Concessions pour l'exploitation. — Les clauses de ces actes imposées sont généralement les suivantes :

1° Indication du temps pour lequel la concession est accordée ;

2° Indication du nombre des *datas mineraes* concédées ; indication du temps accordé aux concessionnaires

pour faire mesurer et démarquer à leurs frais le terrain concédé et en envoyer un plan au président de la province qui doit le faire vérifier par un ingénieur;

3° Obligation pour les concessionnaires de dépenser dans un délai déterminé et par chaque *data mineral* (*) concédée une somme indiquée dans le décret de concession; ce même décret spécifie les diverses dépenses qui peuvent être imputées à ce compte et indique les garanties qu'exigera le gouvernement pour en assurer la sincérité;

4° Les concessionnaires doivent soumettre à l'approbation du gouvernement le plan des travaux à exécuter; ce plan doit être établi aux frais des concessionnaires par un ingénieur des mines ou une personne compétente;

5° La direction technique des travaux doit être donnée à un ingénieur ou à une personne compétente dont le choix devra recevoir l'approbation du gouvernement;

6° Les concessionnaires sont assujettis à payer les droits établis par la loi du 26 septembre 1867 ci-dessus indiquée;

7° Ils devront se conformer aux règlements sur la police des mines;

8° Ils sont tenus à donner des indemnités pour tous préjudices causés par l'inobservation des règles de la science ou de la pratique, ou par toute modification apportée sans autorisation au plan général des travaux tel qu'il avait été approuvé par le ministre; ces indemnités consistent :

Soit en paiements de sommes dont le quantum est à fixer par des experts à la nomination de l'État;

Soit dans l'exécution des travaux nécessaires pour remédier aux dégâts produits;

Soit dans l'obligation d'assurer la subsistance des per-

(*) La *data mineral* est l'unité de surface usitée en matière de concession. Elle correspond à 13.521 mètres carrés.

sonnes qui se trouveraient par suite d'accidents survenus, dans les conditions susdites, dans l'incapacité de travailler ultérieurement, ou la subsistance des familles de celles qui auraient été tuées dans ces mêmes conditions.

9° Les concessionnaires doivent donner aux eaux nécessaires aux travaux ou à celles qui sortent des puits et galeries un cours tel qu'il n'en résulte aucun préjudice pour les tiers. S'il doit y avoir préjudice, l'autorisation des tiers est indispensable pour l'établissement des canaux d'amenée ou d'écoulement; si cette autorisation est refusée, les présidents de province y peuvent suppléer, sauf recours au ministre de l'agriculture, commerce et travaux publics.

En tous cas, les préjudices causés doivent être réparés par le paiement d'indemnités fixées à dire d'experts.

10° Les concessionnaires doivent fournir tous les six mois au président de la province, par l'intermédiaire de l'*ingénieur fiscal* (*), un rapport détaillé sur les travaux.

11° Ils sont en outre astreints à remettre au gouvernement des échantillons des minéraux et fossiles qu'ils peuvent rencontrer.

12° Ils doivent fournir toutes les explications qui pourront leur être demandées par les commissaires que le Gouvernement peut juger convenable d'envoyer pour examiner les travaux et vérifier la fidèle exécution des clauses de la concession.

13° Il leur est fait défense de diviser leur concession et d'exploiter d'autres minerais que ceux qui sont visés par le décret de concession.

14° Les décrets prévoient :

Les causes de déchéance de la concession;

(*) L'*ingénieur fiscal* est chargé de surveiller l'application des règlements et l'exécution des clauses des concessions.

Les cas dans lesquels elle pourra être cédée à un tiers ou à une compagnie nationale ou étrangère ;

15° Les décrets réservent enfin les droits des tiers pouvant dériver :

(*a*) De la propriété du sol ;

(*b*) De travaux antérieurs exécutés sur les terrains concédés ;

(*c*) De concessions accordées antérieurement.

J'ajouterai à cette nomenclature quelques indications ou observations générales.

Les concessions sont toujours temporaires (§ 1°) ; le temps fixé est généralement de cinquante ans.

On a bien prévu (§ 9) la nécessité pour les concessionnaires de faire passer des canaux pour l'amenée ou l'évacuation des eaux sur des terrains appartenant à des tiers, mais aucune stipulation ne mentionne pour le concessionnaire le droit d'occupation sur la surface de la concession des terrains nécessaires à l'établissement des bâtiments et machines d'exploitation. Le paragraphe 15 visant les droits des tiers dérivant de la propriété du sol, M. Souza Bandaira en conclut que le propriétaire du sol ne peut être dépossédé que moyennant indemnité, laquelle peut faire l'objet d'un accord amiable ou être fixée judiciairement. Il résulterait de là que le concessionnaire peut, à défaut d'accord, exproprier le propriétaire ; cela semble logique : en effet on ne voit pas très bien la nécessité d'exiger que les exploitants soient titulaires d'une concession, si elle ne leur donne le droit de travailler que sur leur propre terrain ; on peut penser que l'esprit de la loi veut que le concessionnaire puisse occuper les terrains indispensables ; mais faute d'un texte formel, il règne encore sur ce point capital une grande incertitude, et il s'en faut que le ministre de l'agriculture, commerce et travaux publics ait toujours admis ce droit d'expropriation. Nous pourrions citer tel ministre qui était

si loin de l'admettre qu'il se refusait absolument à accorder des concessions et même des permis de recherche chaque fois que le demandeur n'était pas propriétaire du terrain sur lequel il devait opérer.

D'autre part, l'arrêt précité de la Cour d'appel d'Ouro-Preto annulait une concession accordée par un *Guarda mor*, sous prétexte que les concessions pour l'exploitation de l'or ne peuvent pas être accordées sur des terrains appartenant à des tiers, mais uniquement sur les terrains du domaine public.

Pratiquement le concessionnaire n'a actuellement rien de mieux à faire que d'acheter à l'amiable les terrains sur lesquels peuvent s'étendre ses travaux, et naturellement il court le risque, du fait même de la concession, d'avoir à subir des prix excessifs.

Quant aux droits provenant de travaux antérieurs (§ 15), M. Souza Bandaira estime qu'ils doivent être maintenus toutes les fois qu'il est fait la preuve que ces travaux ont été exécutés en vertu d'une autorisation régulière.

Les décrets indiquent le minerai pour lequel la concession est accordée; ils ajoutent parfois que le concessionnaire aura le droit, sur sa concession, de faire des travaux de recherche pour tous autres minerais (§ 13).

La désignation du minerai est souvent fort vague, même dans les décrets de concession. Pour les minerais métalliques, le décret porte, en général, simplement le nom du métal; voici, par exemple, textuellement, les matières mentionnées dans divers décrets de concession (exemples choisis dans des décrets de 1881-82-83) :

« Galena » (c'est un des rares décrets où l'espèce minérale soit explicitement spécifiée) ; or et autres métaux ; or et autres minerais; cristal de roche; lignite; fer et autres métaux; or, fer, argent et autres minerais.

Enfin, un décret dit simplement : minerais.

Le même vague se retrouve dans les permis de recherche; là, du reste, il y a moins à s'en étonner; voici par exemple, pour la même période, quelques exemples de désignation textuelle des matières pour lesquelles il a été accordé des permis de recherche :

Cuivre et plomb; fer; tourbe; or, fer, platine et autres minerais; minerais; métaux; métaux et minerais; or et autres minerais; or et autres métaux; or, argent, plomb, houille et autres minerais; et dans le décret n° 8591 (7 juin 1883), fer, acier et autres minerais.

En général aussi, les décrets prévoient que le concessionnaire pourra exploiter par lui-même ou que l'exploitation pourra être faite par une compagnie nationale ou étrangère, ce qui implique en fait pour le concessionnaire originaire le droit de céder sa concession à une société (§ 14).

Les compagnies étrangères doivent avoir un représentant, muni de pleins pouvoirs, résidant dans l'empire. Toutes contestations entre les compagnies et les particuliers sont jugées par les tribunaux du pays conformément aux lois en vigueur.

Les contestations entre les compagnies et l'État sont soumises à un arbitrage dans des conditions indiquées ultérieurement.

Nous ne connaissons pas de prescriptions légales relatives à l'instruction des demandes de concession. Pratiquement, croyons-nous, ces dernières sont transmises du ministère à la présidence de la province où se trouvent les gisements dont la concession est demandée; la présidence les envoie à la municipalité de la commune intéressée, et ils sont affichés à la porte de l'église pour que les intéressés en puissent prendre connaissance. Ils reviennent par la même voie au ministère. Si la présidence est en relation avec quelque établissement réputé compétent en la matière, elle lui demande, en général,

un rapport; certaines demandes arrivent ainsi, par exemple, à l'École des mines d'Ouro-Preto, qui n'est cependant qu'un établissement d'enseignement. D'autres, sans doute, vont, à Rio-Janeiro, à l'École polytechnique ou au Muséum. C'est ainsi à l'intervention du Muséum qu'il faut probablement attribuer l'article n° IV du décret n° 9334 (29 novembre 1884), relatif à des recherches de mines et établissement de salines dans l'île de Trinidade, province de Espiritu-Santo, article ainsi conçu :

« Le concessionnaire devra envoyer au Muséum, en bon état, tous les échantillons de végétaux et d'animaux, fossiles ou non, qui lui sembleront inconnus ou intéressants, et aussi tous les objets fabriqués, anciens et modernes, provenant de la race aborigène, squelettes, os, etc., qu'il pourra se procurer ».

Une pareille clause semblerait devoir faire l'objet d'une simple recommandation plutôt que d'une injonction administrative, du moment surtout qu'il s'agit d'objets aussi étrangers à la profession du concessionnaire, et cela d'autant plus que la non-exécution de cette clause paraît échapper à toute sanction.

Tels sont, d'une façon générale, les droits et obligations auquels sont habituellement soumis les concessionnaires; je compléterai ces généralités en citant deux exemples particuliers.

Je choisis à cet effet deux décrets de concession se rapportant à des substances absolument différentes, comme nature, comme valeur, comme procédés d'exploitation et comme facilité de placement. Nous verrons que cela n'a pas empêché d'établir, jusque dans le détail, l'uniformité de réglementation que l'on recherche en ce moment.

L'un de ces décrets n° 8957 du 16 janvier 1883, est relatif à une exploitation d'or dans les alluvions du lit de Rio das Velhas. L'autre, le décret n° 8807 du 23 dé-

cembre 1880, se rapporte à un gisement de lignite (*), à Gondarella, au pied de la Serra de Caraça.

Au fur et à mesure j'indiquerai pour les divers articles de ces décrets les paragraphes des conditions générales desquels ils se rapprochent.

La surface concédée (art. I des décrets) est de 50 *datas* pour le lignite et 20 pour l'or (§ 2).

Art. II. Les concessionnaires respecteront les droits des tiers et l'exploitation pourra être faite par eux-mêmes ou par une compagnie nationale ou étrangère (§ 14).

Art. III. Les concessions son accordées pour 50 ans à partir de la date des décrets (§ 1).

Art. IV. Le délai accordé aux concessionnaires pour faire mesurer et démarquer leur concession et présenter les plans au président de la province est de 2 ans; les concessionnaires paieront les frais de la vérification à faire par un ingénieur nommé par le président (§ 2).

Art. V. Pour ces deux concessions l'acceptation par le président des opérations indiquées au paragraphe précédent n'entraînera en faveur des concessionnaires, des droits définitifs à la concession qu'après qu'ils prouveront avoir dépensé sur leur concession une somme de 10:000$000 par chaque *data mineral* (10:000$000 au change de 400 reis représentent 25.000 fr.). Si dans un délai de cinq ans, les concessionnaires n'ont pas dépensé une somme équivalente à la totalité de la surface concédée, ils perdent autant de *datas mineraes* qu'il manquera de fois 10:000$000. Les surfaces ainsi perdues pourront être concédées à d'autres (§ 3).

(*) La différence de valeur de l'or et du lignite est assez connue; je dois ajouter qu'en l'état actuel de l'industrie dans la région de Gondarella il n'y a aucun débouché possible pour le lignite et il n'est pas à prévoir que cet état de choses vienne à se modifier de longtemps.

La somme à dépenser dans les cinq premières années sera donc, sur la concession d'or, de 500.000 fr. (exploitation dans le lit d'une rivière) et pour la concession de lignite 1.250.000 fr.

Art. VI. Identique dans les deux décrets ainsi conçu :

En vertu du décret 3236 du 21 mars 1864, on pourra faire entrer en compte pour parfaire la somme ci-dessus indiquée (§ 3) :

(*a*) Les dépenses faites pour les travaux de recherche;

(*b*) Les sommes payées à l'inventeur;

(*c*) Les dépenses faites pour la démarcation de la concession et pour la vérification;

(*d*) Le prix du sol;

(*e*) Les dépenses faites pour acquisition, transport et montage des appareils nécessaires à l'exploitation;

(*f*) Les dépenses pour le transport des ingénieurs, employés et ouvriers(pour leur premier voyage seulement);

(*g*) Le coût des travaux exécutés pour faciliter l'exploitation et le transport des produits, pour la construction de maisons, magasins et ateliers indispensables à l'exploitation;

(*h*) Les frais d'acquisition d'animaux de trait, chars et véhicules divers nécessaires aux travaux;

(*i*) Les frais d'extraction du minerai et toutes autres dépenses faites *bonâ fide* en vue de l'exploitation, étant entendu qu'on n'y pourra jamais inscrire les dépenses faites pour la culture de céréales.

Art. VII. La preuve de ces dépenses sera reçue *bonâ fide;* mais, s'il est prouvé qu'il y a eu des surcharges dans l'intention de tromper l'État, la concession sera annulée sans que le concessionnaire puisse prétendre à aucune indemnité. Il sera seulement autorisé à retirer les objets mobiliers lui appartenant (§ 3).

Art. VIII. Les concessionnaires devront :

(*a*) Soumettre à l'approbation du ministre de l'agricul-

ture le plan des travaux à exécuter, plan qui doit être arrêté par un ingénieur des mines ou une personne compétente : ce plan, une fois approuvé, ne pourra être modifié sans une autorisation dudit ministre (§ 4);

(*b*) Ne pas pousser les excavations, puits et galeries ni sous les édifices ni à 15 mètres de leur périmètre, ni sous les chemins, routes et canaux publics, ni à 10 mètres de leurs bords;

(*c*) Confier la direction des travaux à un ingénieur des mines ou à une personne notoirement capable dont la nomination devra être ratifiée par le ministre de l'agriculture, commerce et travaux publics (décret 8807); le même article, dans le décret n° 8757, ajoute qu'on devra de préférence choisir un Brésilien (§ 5);

(*d*) Se soumettre aux instructions et règlements existants ou à venir, concernant la police des mines (§ 7);

(*e*) Indemniser qui de droit pour tous préjudices causés par les travaux d'exploitation ou par l'inobservation du plan d'exploitation approuvé par le ministre (§ 8);

(*f*) Donner à cet effet une indemnité consistant soit dans le paiement d'une somme fixée par des experts nommés par le gouvernement, soit dans l'exécution des travaux nécessaires pour remédier au préjudice causé, ou dans l'obligation de pourvoir à la subsistance des individus qui se trouveraient mis hors d'état de travailler ou à celle des familles de ceux qui succomberaient dans les cas ci-dessus mentionnés (§ 8);

(*g*) Conduire les eaux nécessaires au travail, ou celles qui sortent des puits et galeries de manière qu'elles ne restent pas stagnantes et ne causent aucun préjudice à des tiers (§ 9);

(*h*) (Décret n° 8957.) Si, pour l'exécution de cette clause, il est nécessaire de passer par les propriétés d'autrui, les concessionnaires devront obtenir l'autorisation des propriétaires soit à l'amiable, soit par les voies de droit.

(*h*) (Décret n° 8807.) Si, pour l'exécution de cette clause, il est nécessaire de passer par les propriétés d'autrui, les concessionnaires devront obtenir l'autorisation des propriétaires.

(*i*) Si cette autorisation leur est refusée, ils devront la réclamer au président de la province sous l'obligation de déposer une caution pour garantir le paiement des indemnités qui pourront être dues:

(*j*) Le président, après avoir entendu les intéressés qui auront à expliquer les motifs de leur opposition, accordera ou refusera l'autorisation demandée.

(*k*) Si le président accorde l'autorisation, le concessionnaire déposera dans une caisse publique une caution fixée par des arbitres nommés par les intéressés, à savoir, un par le propriétaire, l'autre par le concessionnaire; ces deux arbitres s'en adjoindront un troisième pour les départager.

(*l*) S'ils ne s'accordent pas sur le choix du troisième arbitre, chacun présentera un nom, et le sort désignera celui des deux candidats proposés qui sera adjoint aux deux arbitres.

(*m*) Si les terrains à occuper appartiennent à l'État, à une province ou à une commune, l'un des arbitres sera désigné par le président du conseil municipal, l'inspecteur de la trésorerie générale, ou le directeur de la trésorerie provinciale.

On le voit ici, l'un des deux décrets explique ou mieux complète l'autre. L'ensemble de ces clauses se rapporte au paragraphe 9 des conditions générales et indique les détails de la procédure à suivre pour obtenir l'autorisation nécessaire à l'aménagement des eaux sur les propriétés des tiers.

(*n*) D'après les deux décrets, les concessionnaires devront remettre tous les six mois au ministère de l'agriculture, commerce et travaux publics, par l'intermédiaire

de l'*ingénieur fiscal* ou du président de la province, un rapport détaillé sur les travaux; on y indiquera les quantités de minerai extrait et préparé, les machines et appareils existants, les forces (en chevaux) desdites machines, la quantité de combustible consommé, le nombre des ouvriers employés et des jours de travail (§ 10).

(*p*) Les concessionnaires devront, en outre, fournir tous les renseignements qui pourront être demandés par le gouvernement ou ses délégués (§ 12);

(*q*) Remettre au ministère de l'agriculture, commerce et travaux publics, des échantillons de tous minéraux et fossiles trouvés dans les travaux (§ 11);

(*r*) L'inobservation de cette prescription sera punie d'une diminution de 1 à 5 ans de la durée de la concession ou d'une amende de 5:000$000 à 10:000$000 (12.500 fr. à 25.000 fr. au change de 400) au choix du ministre (§ 11).

(*s*) Ils devront payer la taxe annuelle de 5 reis par brasse (4^{mq},84) de la surface de la concession et l'impôt de 2 p. 100 sur le produit net conformément au § 1°, article 23 de la loi n° 1507 du 26 septembre 1867 (§ 6).

(*t*) Ils devront donner libre entrée sur tous leurs chantiers à l'*ingénieur fiscal* ou à tout autre commissaire envoyé par le gouvernement, et lui fournir tous les éclaircissements nécessaires à la bonne exécution de sa mission.

Cet article VIII, que j'ai reproduit intégralement, règle, en somme, les diverses obligations prévues sous les n°s 4 et 12 des conditions générales.

Le même article, dans le décret n° 8957, donnant une concession d'or dans le lit d'une rivière, contient un paragraphe spécial portant que les concessionnaires seront astreints à ne pas entraver la navigation.

L'article IX indique les causes de déchéance (§ 14).

La première est l'abandon des travaux pendant 30 jours (décret n° 8807) ou 60 jours (décret n° 8957), sauf le cas

de force majeure. Le concessionnaire ne pourra être admis à faire la preuve qu'il y a eu effectivement un cas de force majeure que s'il a immédiatement notifié au président ou à l'*ingénieur fiscal* la suspension des travaux et les causes qui l'ont motivée. Si les preuves fournies par le concessionnaire sont reconnues valables, il lui sera assigné un délai pour la reprise des travaux.

Il y a également déchéance dans le cas où les travaux ne seraient pas commencés dans un délai de deux ans, après la démarcation de la concession.

Rappelons en outre que certains articles qui précèdent prescrivent d'autres cas de déchéance totale ou partielle. (Voir art. V — art. VII — art. VIII, § *r*.)

L'article X fait défense aux concessionnaires de céder leur concession sans autorisation du gouvernement.

En cas de mort ou faillite du concessionnaire, ses héritiers ou représentants ne pourront être maintenus dans la jouissance de la concession que si elle leur est confirmée par le gouvernement. Cette confirmation pourra leur être refusée s'ils ne présentent pas les garanties suffisantes pour assurer la marche régulière des travaux.

Le décret 8957 ajoute qu'au cas où la concession ne serait pas maintenue aux héritiers ou représentants du concessionnaire, ceux-ci auront droit de poursuivre contre les nouveaux concessionnaires le payement de la valeur des appareils, machines et tous instruments existants destinés aux travaux d'exploitation. Le nouvel acte de concession portera une clause leur assurant ce droit, mais cette clause ne pourra dans aucun cas être invoquée contre le gouvernement. Dans le décret 8807 ce paragraphe n'existe pas.

Si l'exploitation est faite par une société ou compagnie étrangère, celle-ci devra, comme il a été dit, avoir un représentant muni de pleins pouvoirs et résidant au Brésil. Les contestations entre la société et les particuliers

seront portées devant les tribunaux du pays pour y être jugées selon les lois existantes. Les contestations entre la société et l'État seront soumises à un arbitrage.

Le tribunal arbitral, au cas où les intéressés ne s'accorderaient pas pour le choix d'un juge unique, sera formé de deux arbitres choisis par les deux parties intéressées. Ceux-ci devront tout d'abord s'accorder sur le choix d'un conseiller d'État pour les départager. S'ils ne s'accordent pas, chacun d'eux indiquera le nom d'un de ces fonctionnaires, et le sort désignera celui des deux conseillers d'État proposés qui devra compléter le tribunal.

Enfin l'article XI indique que l'infraction à l'une quelconque des clauses du décret, s'il n'a pas été prévu de peine particulière, sera punie d'une amende de 200$000 à 2:000$000 (500 fr. à 5.000 fr. au change de 400 reis par franc).

Ces exemples permettront de se rendre un compte plus détaillé de ce que sont effectivement les obligations des concessionnaires de mines au Brésil (*).

J'ajouterai ici que, sauf erreur, le nombre des permis de recherche accordés dans les trois années 1881-82-83, a été de

18 en 1881
44 en 1882
10 en 1883
—
72

et le nombre de concessions pour exploiter, pendant la même période,

7 en 1881
11 en 1882
3 en 1883
—
21

(*) D'après une décision récente du ministre des finances, les décrets de concession sont soumis, comme droit de timbre, à une taxe unique de 24 $ 000 reis (60 fr. au change de 400).

Règles spéciales aux exploitations de diamants. — Elles sont soumises à une législation spéciale résultant du décret n° 5955 du 23 juin 1875.

Les gisements de diamant sont considérés comme propriété de l'État qui cède le droit à l'exploitation, les propriétaires du sol ayant toujours un droit de préférence pour obtenir le droit à l'exploitation sur leurs propres terrains.

La surveillance de ces exploitations est confiée à une administration spéciale, dépendant du ministère des finances, composée de : un inspecteur, un *procurador fiscal*, un secrétaire, un ingénieur et un portier. L'inspecteur peut nommer des délégués dans les *municipios* qui contiennent des terrains diamantifères et ne sont pas le siège de l'administration.

Le droit à l'exploitation du diamant est accordé sous forme de fermage obtenu aux enchères publiques. Ces enchères doivent être annoncées conformément aux lois en vigueur. La loi indique les prix minima à partir desquels les prétendants peuvent surenchérir. Les propriétaires du sol ont toujours le droit d'obtenir la concession, sur leurs terrains, moyennant le payement de ces prix minima qui sont :

En terrains vierges.	2 reis par m. car. (envir. 0f,005).
En terrains déjà exploités par l'ancienne extraction.	0reis,206
En terrains déjà exploités, mais seulement depuis la fin de l'ancienne extraction (1845).	1 real.

La surface minimum pouvant faire l'objet d'une adjudication est de 29.400 mètres carrés, la surface maximum 484.000. Le temps de la concession ne peut être inférieur à 1 an ni excéder 10 ans.

Indépendamment des propriétaires, ceux qui occupent un terrain sans titre de propriété ont droit à obtenir un

lot de 29.400, qui comprend l'espace occupé par les maisons et leurs dépendances.

Si le propriétaire ou les occupants ne réclament rien, la concession est donnée au plus offrant.

Si une exploitation doit être faite par une compagnie, celle-ci doit avoir la préférence pour l'obtention de la concession partout où l'exploitation doit être difficile et onéreuse. Les représentants de la compagnie établissent, d'accord avec l'inspecteur de l'administration, les bases du contrat de concession qui ne devient valable qu'après approbation du gouvernement. La durée de la concession ne peut excéder 15 ans ni la surface concédée 43.660.000 mètres carrés; cette surface est réduite au tiers, si la durée de la concession n'est que de 3 ans. Quel que soit le prix convenu pour l'affermage et quelle que soit l'extension concédée, la compagnie doit payer annuellement 5.000 reis (7f,50) par tête de travailleur esclave et 2.000 reis (5 fr.) par travailleur libre employé aux travaux.

Indépendamment de ces concessions, on accorde enfin des *cartas de faiscador* donnant à leurs détenteurs le droit de *faiscar* dans les terrains diamantifères non concédés et désignés par l'administration comme étant du domaine public. Le *faiscador* est essentiellement un travailleur isolé, ou aidé d'un ou de deux compagnons, qui, avec ses seules ressources personnelles, en général une houx, un levier et une battée, essaie d'atteindre et de laver un peu de *cascalho*. La *carta de faiscador* est intransmissible; elle est donnée pour un an moyennant la taxe fixe de 2.000 reis (5 fr.), plus une seconde taxe par tête de travailleur, qui est de 2.000 reis (5 fr.) pour le premier semestre, et de 1.000 reis (2f,50) pour le second.

Le *faiscador* qui découvre un gisement important a droit à la concession d'un lot de 50 mètres carrés sans enchère, et au prix minimum.

L'administration spéciale des diamants est chargée de mesurer et marquer les lots, de tenir à jour la carte des régions diamantifères, de procéder à l'attribution des concessions, à la perception des taxes, de veiller à l'application des règlements et, enfin, d'indiquer parmi les terrains non concédés ceux où pourra s'appliquer le droit de *faiscar*.

DISCOURS

PRONONCÉS AUX FUNÉRAILLES

DE M. CH. LAN

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES
DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES

le 5 mai 1885.

DISCOURS DE M. TOURNAIRE

Vice-président du Conseil général des mines,

AU NOM DU CORPS DES MINES.

Le collègue à qui nous rendons les derniers devoirs a été, je ne vous l'apprendrai pas, Messieurs, un des ingénieurs de notre Corps des Mines qui ont accompli le plus de travaux remarquables et utiles. A une vive et prompte intelligence, à un jugement très droit, qui discernait sûrement dans chaque question le côté pratique de l'utopie et du progrès qu'il faut réserver à l'avenir, à une rare énergie de travail s'unissait en lui la volonté puissante, la persistance dans les desseins, le don du commandement, l'habileté à conduire les inférieurs, à persuader les supérieurs ou les égaux.

Je me bornerai à rappeler devant vous ses œuvres capitales ; car je serais conduit à des développements trop longs, si je voulais énumérer toutes les fonctions qu'il a été appelé à remplir, tous les mémoires techniques qu'il a publiés.

En 1851, pour les débuts de sa carrière, Lan fut envoyé à l'École des mines de Saint-Étienne, où il professa durant douze années la métallurgie. Cette École, malgré son très modeste budget, a non seulement produit beaucoup d'hommes distingués, aujourd'hui à la tête de nos mines et de nos forges ; elle a été aussi une pépinière féconde de bons professeurs. Elle a l'avantage précieux d'être située dans un pays entièrement industriel : l'enseignement pratique s'y joint de lui-même à la théorie. L'initiation fut rapide chez Lan ; en peu de temps il devint un métallurgiste consommé et un mineur habile. Il eut alors pour chef à l'École l'éminent et vénéré Gruner, qui, de suite, distingua sa valeur et avec qui il resta lié jusqu'à la fin d'une amitié profonde.

En 1860, l'adoption d'une politique commerciale qui, sans être radicale, s'inspirait des idées du libre-échange, inquiétait beaucoup, et non sans motifs, nos maîtres de forge. Avant d'arrêter les droits dont les métaux devaient rester frappés, le Gouvernement institua une mission pour examiner la situation métallurgique et minière de l'Angleterre. Lan eut l'honneur d'être désigné pour en faire partie, en collaboration de Combes et de Gruner. Il s'y montra aussi travailleur que clairvoyant. Les questions financières d'ordre général fixèrent son esprit, aussi bien que l'étude des appareils et des procédés de fabrication. Je lui ai plusieurs fois entendu dire que son voyage lui avait surtout démontré la nécessité qui s'impose aux métallurgistes de se tenir solidement armés de capitaux puissants, toujours disponibles, libres d'intérêts obligatoires à payer. Il s'en est bien souvenu plus tard lorsqu'il est devenu lui-même grand chef d'industrie.

Ses travaux lui avaient acquis une juste réputation, et, en 1862, l'importante Société des forges de Châtillon et Commentry, dont les affaires étaient alors en péril, lui offrit d'être son directeur. La tâche était lourde entre

toutes. Les dépenses menaçaient d'excéder les recettes; l'avoir se composait de nombreux établissements disséminés, qui fonctionnaient sans lien bien étroit d'administration commune; les traités de commerce avaient précipité l'urgence des réformes. Lan se consacra durant dix années à peu près exclusivement à cette direction. En un temps relativement très court, il parvint à mettre la Société en pleine prospérité, et cela sans aucune de ces opérations qui allègent le présent et l'avenir en liquidant plus ou moins complètement le passé, au détriment des actionnaires primitifs.

Bien peu d'ingénieurs ont réussi à ce point dans les entreprises semblables. La célébrité qu'il y a trouvée et qui restera dans notre histoire industrielle est assurément des mieux méritées. On ne peut que malaisément se figurer la somme de travail qu'il y a consacrée. Il allait résider dans chaque usine, observait patiemment tous les détails de la fabrication et du prix de revient, et attendait qu'il les possédât pour accomplir, avec sa volonté ferme, les améliorations réalisables et les transformations nécessaires, exigeant partout un ordre rigoureux et une économie sévère, habile aussi à discerner les hommes et à mettre ses auxiliaires à la place qui leur convenait. Dans les belles années, il n'employait pas moins de volonté à défendre les intérêts réels de la Société contre la tentation des trop gros dividendes. Sa préoccupation permanente fut de constituer de solides réserves et d'amortir la valeur attribuée dans le capital social aux établissements et à leur outillage. Grâce à cette prudence, la Compagnie a pu aisément installer, une des premières en France, les convertisseurs Bessemer et les fours Martin-Siemens, monter de puissants laminoirs et des ateliers de grosse forge, développer ses ateliers mécaniques à Montluçon et Commentry, affecter à des fabrications spéciales ses usines secon-

daires, plus récemment, transporter en grande partie près du littoral méditerranéen et en Meurthe-et-Moselle, sur les confins du Luxembourg, la production des premiers produits sidérurgiques.

En 1872, la chaire de métallurgie, précédemment occupée par Gruner, devint libre à l'École supérieure des mines. Nul n'avait plus de titres et d'autorité que Lan pour succéder à un tel maître. Le suffrage unanime le désigna. Je laisse à celui de nos collègues qui parlera au nom de l'École le soin de dire avec quelle haute distinction il s'est acquitté de ce cours, qu'il professait encore il y a quelques mois.

Lorsque l'exploitation par l'État d'un groupe de nos chemins de fer fut organisée en 1878, il fut nommé membre du Conseil chargé de l'administrer. Il a pris cette fonction à cœur et y a, par son expérience, rendu de très sérieux services.

On citerait difficilement dans notre Corps un exemple plus éclatant de succès non interrompus ; car Lan obtint à la fois un avancement rapide, une carrière industrielle brillante, et, par surcroît, la fortune, l'influence, même les satisfactions que le monde est capable de procurer.

Quelle est cependant la vie humaine exempte de chagrins ? Il avait éprouvé, après peu d'années d'union, le malheur irréparable de perdre une compagne pleine de charmes, qu'il aimait ardemment. Ce coup ne brisa pas entièrement pour lui l'existence de la famille. On sait qu'il a élevé ses deux enfants avec une sollicitude maternelle, qu'ils s'en sont montrés dignes et l'en ont récompensé par leur tendresse.

Beaucoup de ses camarades ont regretté que, dans la dernière période de sa vie, il ne se fût pas voué plus entièrement aux études scientifiques et techniques, qui ont été la meilleure partie de lui-même.

Nos regrets s'augmentent de la pensée que peut-être,

s'il eût renoncé, il y a dix ou douze ans, à mener de front, avec une telle intensité, ses devoirs officiels, les affaires et le monde, nous le conserverions longtemps, au grand profit de notre Corps, que sa capacité et sa science honoraient, et à celui du pays.

C'est là toutefois une supposition assez gratuite, car la durée de notre passage sur la terre est loin de dépendre entièrement de notre prudence. Il y a sept ou huit mois, malgré cette complexité d'occupations que tout autre aurait jugé accablante, il semblait encore plein de vigueur, et ceux qui n'avaient pas l'annuaire sous les yeux ne lui donnaient pas son âge.

Il n'était pas dans son tempéramment de céder, et quand sa santé se trouva altérée gravement on eût dit que, par son énergie, il espérait combattre le mal. Tant qu'il lui resta quelque force, il persévéra dans ses fonctions et même dans ses habitudes.

Adieu, cher Lan. Il est difficile de croire que tant de riches dons qui vous ont animé aient succombé à jamais. Au revoir dans une autre vie.

Puissent l'affection que de nombreux camarades ont ressentie pour vous et le souvenir que laisseront vos travaux apporter des consolations à votre fils, à votre fille, à votre gendre !

DISCOURS DE M. DE CHANCOURTOIS

Inspecteur général des mines, professeur à l'École nationale des mines,

AU NOM DE L'ÉCOLE NATIONALE DES MINES.

C'est à titre de doyen des professeurs que je viens remplir le douloureux devoir d'exprimer les vifs regrets qu'éprouve l'École des mines de la perte de son éminent

directeur ; raconter une existence aussi bien remplie que la sienne suffit à faire comprendre l'étendue de nos regrets ; M. le vice-président du Conseil général des mines vient de retracer le tableau complet de sa carrière technique et administrative, en signalant ses nombreux travaux accomplis soit dans les services du Corps des mines, soit dans l'industrie. Je dois me borner, comme interprète de l'École, à rappeler les impressions qu'y ont laissées les débuts de Lan, ses travaux successifs lorsqu'il en était éloigné, et enfin son enseignement lorsqu'il y est revenu comme professeur.

Pour parler de lui comme élève, je n'ai besoin que de laisser revivre mes souvenirs personnels, puisqu'il faisait partie de la promotion de 1847, que j'ai trouvée à l'École des mines lorsque je suis venu, à la fin de 1848, oocuper un des premiers degrés du professorat. Je le vois encore travaillant aux projets de métallurgie que Le Play avait ajoutés au programme des exercices pour intéresser les élèves aux côtés pratiques de son enseignement.

Dans les concours comme dans les examens, le jeune Lan faisait déjà preuve d'une instruction aussi solide que variée et surtout d'une grande rectitude de jugement.

Son mémoire d'élève sur le Mansfeld, inséré dans les *Annales des mines*, acheva de le faire considérer par Le Play comme devant occuper tôt ou tard la chaire de métallurgie.

Pour se préparer à une telle succession, au contact des pratiques industrielles, Lan, en 1851, choisit le poste de St-Étienne, dans lequel il avait à professer la chimie et la métallurgie.

Pendant l'occupation de ce poste, il sut si bien se faire apprécier, que Gruner, alors directeur de l'École de St-Étienne, en fit bientôt son collaborateur et l'associa au travail de la grande enquête sur la métallurgie du fer

en Angleterre, provoquée, en 1860, par la Commission des traités de commerce.

Le compte rendu de cette mission, publié dans les *Annales des mines*, qui reste aujourd'hui encore un des ouvrages classiques de la sidérurgie, donna immédiatement une grande notoriété au nom de Lan comme ingénieur métallurgiste.

C'est aussi lorsqu'il était professeur à St-Étienne qu'il avait fait tout d'abord son étude des gîtes de la Lozère et qu'il accomplit plus tard en Espagne l'importante mission industrielle, qui mit en pleine lumière l'alliance de sa capacité technique bien connue et de ses rares aptitudes en fait de gestion industrielle; cette alliance trouva la plus éclatante manifestation dans la direction générale des usines de Châtillon et de Commentry, à laquelle il eut, en obtenant un congé de l'administration, la liberté de se consacrer complètement.

L'entreprise était alors dans des conditions difficiles; il sut, après l'avoir promptement tirée de cette situation, lui faire acquérir la place importante qu'elle occupe dans la métallurgie française.

Heureusement pour nous, Lan ne devait pas rester indéfiniment éloigné des services du Corps des mines; en 1872, il vint naturellement, je dirai presque de plein droit, à la demande du Conseil de l'École des mines de Paris, occuper la chaire de métallurgie, lorsque Gruner la quitta pour prendre la vice-présidence du Conseil général des mines; Lan réalisait ainsi, à vingt ans de distance, les espérances de son premier maître. A partir de cette époque, et quoiqu'il ne put refuser ses conseils aux entreprises industrielles à la création desquelles il avait été associé, son cours devint l'œuvre capitale de sa vie.

L'étude des grandes transformations qui ont marqué les progrès de la métallurgie du fer dans ces dernières

années, avait déjà été introduite dans l'enseignement par Gruner : Lan put suivre la voie tracée par son prédécesseur sans se départir d'une réserve prudente à l'égard des innovations qui n'ont pas encore reçu leur entière consécration par la pratique de l'industrie, réserve qu'il tenait de Le Play et qui a toujours été une des caractéristiques de son enseignement.

Il contrôlait d'ailleurs incessamment ces méthodes nouvelles dans les usines, qu'il a toujours su maintenir par ses conseils, à la hauteur de toutes leurs rivales tant en France qu'à l'étranger.

Si les métaux autres que le fer ne jouent malheureusement pas un rôle considérable dans les richesses minérales de la France, il n'en est pas moins nécessaire de mettre nos élèves en mesure de prendre part à tous les développements de leur production dans les régions plus particulièrement favorisées des parties du globe nouvellement explorées. Lan, sans se laisser dominer par la préoccupation de la spécialité du fer, où il était passé maître, tenait donc soigneusement son enseignement au courant de tous les progrès réalisés dans les traitements de ces métaux.

En dehors de l'enseignement métallurgique, l'École tirait encore grand parti de ses lumières pour toutes les questions d'organisation ou de fonctionnement débattues au Conseil, où ses avis avaient toujours un grand poids. Les rôles qu'il fut appelé à jouer, dans l'administration des chemins de fer de l'État, dans diverses commissions administratives et dans les jurys des expositions, où il fit de remarquables rapports, ne diminuèrent jamais l'activité de son concours à tous nos travaux.

Aussi tant de services rendus le firent-ils appeler à succéder à M. Daubrée dans la direction de l'École, direction qu'il prit fort à cœur.

L'un des traits les plus saillants du caractère de Lan

était une volonté aussi énergique que persévérante, et c'est peut-être à cette force de volonté qu'il faut attribuer sa mort si prématurée. Il ne voulait pas se reconnaître malade et jusqu'au dernier moment cherchait même à écarter tous les témoignages d'inquiétude.

Mais pourquoi revenir sur les impressions douloureuses de ces derniers jours?

Je me suis fait de mon mieux l'interprète des sentiments de tous et, permettez-moi de le dire, ce n'est pas sans une vive émotion, car nos rapports de bonne camaraderie étaient devenus de plus en plus affectueux depuis nos contacts journaliers.

Il ne me reste plus, hélas! qu'à prononcer le suprême adieu.

DISCOURS DE M. CASTEL

Inspecteur général des mines, président de la Société de l'industrie minérale,

AU NOM DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Au nom de la Société de l'industrie minérale, je viens adresser un suprême adieu à l'ami que nous venons de perdre. Il avait été l'un de ses fondateurs, et en était resté administrateur honoraire depuis l'époque où il quitta Saint-Étienne pour se mettre à la tête de la société de Châtillon-Commentry.

Par les nombreuses études qu'il a publiées sur les diverses branches de l'art de l'ingénieur, mais principalement sur la métallurgie et notamment sur celle du fer et de l'acier, et par les progrès que, placé dans une sphère active, il a su réaliser dans la fabrication de ces métaux, Lan s'est placé, depuis longtemps, au premier rang des ingénieurs. La Société de l'industrie minérale

s'honore de l'avoir compté parmi les siens, et je suis son interprète en exprimant ici la vive douleur et les profonds regrets que cette mort si inattendue cause à tous ses membres, dont un grand nombre est formé de ses élèves, dont un plus grand nombre encore étaient ses amis.

Lan laisse parmi nous un vide qui ne sera pas comblé.

DISCOURS DE M. LÉVY

AU NOM DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE DE SAINT-ÉTIENNE.

Messieurs, il y a deux ans à peine, nous nous réunissions autour du cercueil de cet illustre savant qui fut M. Emmanuel Gruner. Parmi ceux qui rendaient à cet homme de bien un hommage mérité, se trouvait M. Charles Lan. Nul mieux que lui ne pouvait faire l'éloge du maître regretté qui avait guidé ses débuts dans la carrière d'ingénieur, puis de professeur métallurgiste. Il l'a fait en termes émus qui partaient du cœur.

Aujourd'hui, c'est à Charles Lan lui-même que nous venons rendre les derniers devoirs, à Charles Lan frappé si soudainement et si prématurément au milieu d'une carrière brillante et brillamment remplie, peu de mois après avoir été placé par le choix éclairé du gouvernement à l'un des postes les plus élevés du Corps si distingué des ingénieurs des mines.

Des voix autorisées viennent de retracer devant vous les éminents services scientifiques et techniques que Charles Lan a rendus comme professeur et comme conseil à l'industrie métallurgique en général et à l'industrie sidérurgique en particulier.

Qu'il me soit permis de venir, à mon tour, au nom

des anciens élèves de l'École des mines de Saint-Étienne, rendre un dernier et pieux devoir à celui qui fut longtemps leur professeur et qui, pour un grand nombre, a été un appui ou un protecteur fidèle et bienveillant.

C'est en 1851 que Charles Lan succéda, à un intervalle rapproché, à Emmanuel Gruner dans la chaire de chimie et de métallurgie, qu'il ne devait quitter que douze ans après, en 1863, quand une grande société industrielle fit appel à ses conseils et à cette compétence déjà universellement reconnue, et dont elle eut si grandement à se louer.

Les leçons si intéressantes, si variées, qu'il fit pendant ces douze années sont restées dans le souvenir des nombreuses promotions qui vinrent successivement s'asseoir devant la chaire du jeune professeur ; son enseignement fit sur eux une empreinte profonde. Il faut certainement lui attribuer une bonne part des succès que rencontrèrent, plus tard, les plus brillants élèves de cette période, parmi lesquels nous voyons l'un d'eux mêler ses douloureux regrets aux nôtres, lui qui, après avoir été l'élève et le disciple, est devenu le successeur du maître qui l'avait désigné au choix de la Société qu'il avait si longtemps inspirée.

Les soins de cet enseignement, ceux d'un service ordinaire exceptionnellement chargé, ne suffisaient pas cependant à donner satisfaction à cette infatigable activité qui fut un des traits les plus caractéristiques de ce grand esprit. Mais dans cette période si fructueuse de sa vie, Charles Lan consacrait encore beaucoup de temps à des expériences, à des recherches poursuivies sans relâche dans le laboratoire de l'École et les usines de la contrée, au plus grand profit de la science et de l'industrie métallurgique.

Un si long séjour, une si grande et si noble tâche accomplie au sein de notre École, avaient créé des liens

intimes entre elle et Charles Lan, entre le maître et les élèves. Aussi, malgré les soucis des grandes affaires qui l'assiégeaient, ceux-ci trouvaient-ils toujours auprès de leur ancien professeur un accueil bienveillant et l'appui le plus sûr.

C'est au nom de tous ces obligés dont la liste serait longue; c'est au nom de tous ceux qui ont recueilli et fait fructifier vos excellentes leçons et votre docte parole que je viens, Charles Lan, vous apporter un dernier adieu, un dernier témoignage de reconnaissance et d'affection.

DISCOURS DE M. DARCY

Administrateur de la Société des forges de Châtillon et Commentry,

AU NOM DE LA SOCIÉTÉ DES FORGES DE CHATILLON ET COMMENTRY.

Messieurs, on vient de vous retracer, avec l'ampleur que le sujet comportait, les services rendus par M. Lan à la science et à l'État.

La Société des forges de Châtillon et Commentry ne saurait laisser passer ce cercueil sans dire un dernier adieu à son ingénieur-conseil, à celui qui fut longtemps, sous ce titre, son plus actif collaborateur.

Je viens remplir ce devoir au nom du Conseil d'administration; notre président, tout entier à la douleur que lui inspire la fin prématurée d'un ami de trente années, son cadet dans la vie, à qui il avait ouvert la carrière industrielle, m'a délégué cette pénible tâche.

M. Lan avait trente-cinq ans, quand il vint à nous, en 1862, à l'origine même de notre Société, du moins sous sa forme et avec son administration actuelles. Il nous appor-

tait, d'abord les deux vertus traditionnelles du Corps auquel il avait l'honneur d'appartenir, la capacité et l'honorabilité : et puis ce qui était son don particulier, l'étendue, la promptitude et la sûreté du coup d'œil, le tact des circonstances et des ressources, l'opportunité des résolutions, la précision dans l'exécution ; M. Lan a excellé dans l'art difficile de la stratégie industrielle. Quand il est arrivé, l'affaire périclitait ; en quelques années d'un labeur exclusif et passionné, l'éminent vice-président du Conseil des mines vient de le rappeler justement, il la faisait plus puissante qu'elle n'avait jamais été. Il nous a donné la meilleure part de sa vie... Notre Société ne l'oubliera jamais.

Pourquoi ne lui avons-nous pas suffi ! C'était un conquérant par le travail, et comme tant d'autres de cette race, il n'a pas été maître des généreuses ambitions de son intelligence. Depuis quelque temps déjà, on pouvait s'apercevoir qu'il avait peine à suivre les entraînements de sa volonté. Mais il refusait de se rendre aux avis de l'amitié ; il tenait les révoltes de sa santé pour une injure ! On pressent sa souffrance le jour où il a dû s'avouer sans doute qu'il avait trop demandé à la vie. Pour nous, nous n'avons pas connu de plus angoissant spectacle que ces derniers mois de lutte désespérée, quand les conseils qu'il voulait nous apporter encore expiraient sur ses lèvres défaillantes, quand sous un sourire aimable et vaillant toujours, on pouvait déjà surprendre les approches de cette mort qui allait finir par l'emporter d'assaut !

Nul ne saurait prétendre au monopole des regrets. Mais comme Lan, même aux temps où la fortune lui souriait de toutes parts, gardait au fond du cœur le souci persévérant des destinées d'une Société où il avait trouvé sa voie et fondé sa réputation, ainsi notre Compagnie conservait un attachement particulier pour l'ingénieur

dont elle avait su, en des jours difficiles, deviner et utiliser les jeunes talents.

C'est pourquoi, invoquant les souvenirs de cette ancienne confraternité, au nom de mes collègues, au nom de tous nos collaborateurs, de ce personnel dévoué qu'il forma jadis à son école et qui ne lui a jamais manqué, nous voulons assurer la famille de M. Lan, qu'entre tous les témoignages de condoléance qu'elle recueille à cette heure, il n'en est point de plus sincèrement ni de plus profondément sentis que les nôtres.

DISCOURS DE M. LE GÉNÉRAL COLONIEU

AU NOM DE LA PROMOTION DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE 1845-47.

Messieurs, devant la pléïade d'hommes d'élite qui se presse autour de ce cercueil, je n'ai pas la prétention de vous retracer les qualités éminentes de l'illustre savant dont les sciences et le pays déplorent la perte; je serais impuissant à le faire.

Je veux vous parler du camarade bien-aimé dont, il y a quarante ans, notre promotion de l'École polytechnique saluait les premiers succès qu'attestaient les doubles galons d'or de son uniforme. Sa figure jeune, sympathique, son sourire affable, son langage plein d'aménité, ses sentiments nobles et élevés, tous ces reflets de sa belle âme lui valurent bien vite un de ces succès que le concours ne donne pas, qui arrivent sans que l'on s'en doute et qui depuis lors ne lui a jamais été contesté : il prit place au premier rang dans le cœur de ses camarades d'école, et ce rang lui est toujours resté.

Président naturel et par droit d'affection de nos dîners annuels de promotion, il savait apporter à ces réunions

le charme des souvenirs de notre jeunesse, rappelant tout ce qu'il avait retenu des autres comme éloge de ses camarades, n'oubliant que lui dans sa modestie.

Il fut l'un des plus actifs organisateurs de la Société amicale de secours des anciens élèves de l'École polytechnique et il n'épargna à cette œuvre bienfaisante ni sa peine, ni son temps, ni sa bourse.

Nous le trouvons au siège de Paris patriote ardent, mettant sa science à l'œuvre pour l'organisation des engins de défense à opposer à la puissante artillerie prussienne. Il travaille jour et nuit, et trouve encore dans son dévouement des moments à dérober à ses travaux pour aller reconforter de son énergie et de sa foi ceux de ses camarades que le sort des armes a abattus sur le champ de bataille, et dont les souffrances l'émeuvent. Faire le bien était un besoin de sa nature.

Au nom des survivants de notre promotion de 1845, dont je suis assurément le faible interprète, reçois ici, cher et bien-aimé camarade, le témoignage de notre douleur; tu emportes nos plus vifs regrets, mais tu nous laisses ton souvenir que rien ne pourra amoindrir, et qui nous reste comme un symbole éclatant de la vraie fraternité.

NOTE

SUR

L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE VERTICALE

AUX FORGES D'EURVILLE (HAUTE-MARNE)

Rapport de la Sous-Commission chargée de l'étude de l'explosion survenue aux forges d'Eurville (*).

La pénible impression causée par la catastrophe de Marnaval, commune de Saint-Dizier (Haute-Marne), arrivée le 31 mars 1883, n'était pas encore détruite, qu'une catastrophe semblable se produisait, le 10 novembre 1884, dans une usine distante de 11 kilomètres seulement de la première, les forges d'Eurville, situées comme elle au nord du département, sur le chemin de fer de Chaumont à Saint-Dizier et Blesmes.

Ainsi qu'à Marnaval, une chaudière verticale de grandes dimensions, chauffée par les flammes perdues de fours à puddler, éclatait à sa base et faisait 55 victimes, 22 morts et 33 blessés.

Le détail de toutes les tristes situations résultant de

(*) Cette Sous-Commission était composée de MM. P. Luuyt, inspecteur général des mines, *président;* Farcot, constructeur de machines à vapeur; Haton de la Goupillière, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École supérieure des mines; Hirsch, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et Julien, ingénieur en chef des mines, rapporteur près la Commission centrale des machines à vapeur.

cet accident, donné dans un tableau annexé au rapport, est véritablement navrant et c'est par conséquent un devoir impérieux d'étudier cet accident d'Eurville avec un soin tout spécial, afin d'éviter à l'avenir, autant que possible, le retour de semblables catastrophes.

Afin de mieux atteindre ce but, c'est une commission de cinq membres qui a été chargée d'examiner cette affaire sous toutes ses faces ; elle a consacré cinq séances à cet examen, a demandé plusieurs fois des renseignements complémentaires à l'ingénieur ayant instruit l'affaire, s'est fait envoyer des morceaux de la tôle rompue, qu'elle a essayés, etc.; elle s'est, en un mot, attachée à ne laisser subsister aucun doute sur la cause de l'explosion et a étudié au point de vue technique et administratif les mesures qu'il conviendrait de prendre.

Le rapport résumant ses travaux sera, pour plus de clarté, divisé en cinq parties, savoir :

1° Description générale et succincte de l'usine;

2° Description spéciale de la chaudière qui a fait explosion et des fours qui la chauffaient;

3° Circonstances diverses de l'explosion;

4° Étude des causes de l'explosion et conséquences à en déduire;

5° Conclusions.

1° *Description générale et succincte de l'usine.* — Les forges d'Eurville se composent d'un groupe d'ateliers, savoir : les hauts-fourneaux, le puddlage (Pl. X) et la tréfilerie sur la rive droite de la Marne, le finissage sur la rive gauche.

Le puddlage, où s'est produite l'explosion, est au nord des hauts-fourneaux, le tout s'alignant parallèlement au canal de la Marne à la Saône, de l'autre côté duquel se trouve la ligne de Blesmes à Chaumont.

La halle du puddlage est rectangulaire, a 64 mètres

de longueur du nord au sud, et 38 mètres de largeur divisée en trois travées, une travée centrale de 19 mètres, celle de l'ouest de 10 mètres, enfin celle de l'est, où s'est produit l'accident, de 9 mètres; toutes ces travées étaient couvertes en tuiles.

Elle comprend 21 fours à puddler numérotés de 0 à 20 et répartis, 11 à l'ouest et 10 à l'est; les flammes perdues de ces fours chauffent 6 chaudières dont 2 horizontales (n°s 1 et 2) vers le nord et 4 verticales (n°s 3 à 6), deux de chaque côté; la chaudière n° 6 et les 4 fours qui la chauffent, situés au sud-est de la halle, étaient inactifs le jour de l'accident.

Toutes ces chaudières étaient réunies par deux conduites communes, une pour l'alimentation, de 0^{m},08 de diamètre, l'autre de 0^{m},10 servant à conduire la vapeur à diverses machines, un train de laminoir de 90 chevaux au nord et un de 60 au sud, deux marteaux pilons, n° 1 au nord et n° 2 au sud, et divers autres appareils.

L'alimentation, qui se faisait ordinairement avec l'eau tiède du condenseur, avait lieu, depuis quelques jours, avec de l'eau froide, cet appareil étant en réparation.

La chaudière qui a fait explosion est la chaudière verticale n° 4, placée à peu près au milieu de la longueur de l'atelier du côté est.

2° *Description spéciale de la chaudière qui a fait explosion et des fours qui la chauffaient.* — Cette chaudière n° 4 avait les dimensions suivantes : hauteur 14^{m},60, diamètre 1^{m},20, épaisseur des tôles variable de 11^{mm},5 à 13 millimètres au moment de l'explosion; elle était composée de 15 viroles dont 12 anciennes, de 2 feuilles de tôle chacune, formant un tronçon de 10^{m},95 pesant environ 6.500 kilogrammes, et 3 nouvelles donnant une longueur utile de 3^{m},65.

Les 12 viroles anciennes remontaient à 1859, tandis

que les trois dernières, placées au coup de feu, avaient été remplacées plusieurs fois, et celles qui s'y trouvaient au moment de l'explosion n'avaient reçu les flammes que le 1er mai 1879, c'est-à-dire 20 ans plus tard.

La chaudière était chauffée par les flammes perdues des 4 fours à puddler 5-6-7-8, comme le montrent la planche X et les figures 10 et 11 de la planche XI.

Une tourelle en briques de 2m,50 de diamètre extérieur, formée d'une brique et demie (0m,33) et laissant par conséquent 0m,32 pour pouvoir faire la visite du corps extérieur de la chaudière, entourait cet appareil jusqu'à 2m,30 de sa partie supérieure, point à partir duquel il ne se trouvait plus que de la vapeur et où l'épaisseur se réduisait à une demi-brique.

Cette tour reposait, ainsi que la chaudière, sur une plaque annulaire en fonte placée sur le sol; à 2 mètres plus haut se trouvait un anneau en fonte appelé *marâtre*, soutenu par 6 colonnes noyées dans la maçonnerie qu'on avait frettée de larges cercles en fer jusqu'à 2m,50 du sommet, point à partir duquel se trouvaient des feuillards placés verticalement pour compléter l'armature. Le volume de cette maçonnerie atteignait 33 mètres cubes.

La chaudière était munie d'un seul flotteur en tôle, creux, suspendu à une tige se continuant par une chaînette passant sur deux poulies et se reliant à une longue tringle reportant les indications de ce flotteur vers le bas de la chaudière à l'aide d'une aiguille ou plaquette en tôle placée horizontalement et se mouvant entre deux guides verticaux; sa course était de 1 mètre et sa position moyenne correspondait à une bonne hauteur dans la chaudière; il n'y avait pas d'autre indicateur du niveau de l'eau.

Cette chaudière venant du finissage avait été transférée au puddlage en 1867; c'est la sœur jumelle de celle

qui avait été vendue aux forges de Marnaval et qui a fait explosion le 31 mars 1883.

3° *Circonstances diverses de l'explosion.* — L'explosion s'est produite au niveau de la deuxième virole, comptée à partir du bas (voir le plan d'ensemble Pl. X, et les *fig.* 1 à 6, Pl. XI); le fond et la presque totalité de la première virole (*fig.* 5 et 6, Pl. XI) sont restés en place. La seconde virole, composée de 4 feuilles de tôle, a été brisée en trois fragments et dispersée dans différentes directions. Le plus gros fragment (8-7, Pl. X), formé de deux feuilles et d'un poids de 400 kilogrammes environ, fut projeté vers l'est-nord-est à 25 mètres de distance, en brisant net un rail; les deux autres feuilles (5 et 6, Pl. X), auxquelles adhérait un fragment de la virole inférieure, et d'un poids de 180 à 200 kilogrammes chacune, furent lancées, l'une au nord-nord-est à 19 mètres, l'autre vers l'ouest-sud-ouest à 15 mètres.

Le corps de la chaudière, composé de 13 viroles sur 15, et pesant environ 6.500 kilogrammes, fut lancé à une grande hauteur, passa par-dessus les bâtiments voisins, et vint retomber à 80 mètres au nord-ouest; il se brisa en partie dans sa chute.

En même temps, les débris de la tour en briques et de ses armatures et soutiens étaient lancés dans toutes les directions ou s'écroulaient sur place; on retrouva des briques à des distances de 50 et 80 mètres. La toiture était enlevée sur une surface d'environ 570 mètres carrés; trois fermes, tant au centre qu'à l'est, occupant 18 mètres de front sur 28 mètres de profondeur, étaient détruites.

Au moment de l'explosion, tout le travail était en marche, sauf le train du nord et la machine de 90 chevaux qui le conduisait. Le personnel présent comprenait 73 ouvriers, outre le contre-maître mécanicien Vidrine et

le contremaître de fabrication Michel; 55 hommes furent tués sur place ou blessés plus ou moins grièvement; les blessures les plus nombreuses et les plus graves sont les brûlures, principalement celles causées par la vapeur.

De l'enquête à laquelle s'est livré M. l'ingénieur en chef Moissenet, il résulte les faits suivants :

La pression indiquée par le timbre n'a pas été dépassée;

L'alimentation n'a pas fait défaut;

Les tôles avaient conservé à peu près leur épaisseur normale; la chaudière avait été complètement réparée à la fin de 1883 et éprouvée en janvier 1884; elle était soumise à des visites fréquentes; elle avait été nettoyée et visitée huit jours avant l'accident, et cette visite n'avait rien révélé de particulier, si ce n'est un rivet qui fuyait (déposition Sauvageot).

Depuis quelques jours des suintements se manifestaient dans le voisinage de la chaudière (déposition Vouillarmey). Le dimanche soir, 9 novembre, veille de l'accident, à la reprise du travail, ces suintements prirent plus d'importance; vers 10 heures (déposition Thomassin), l'eau coulait avec assez d'abondance pour qu'il devînt nécessaire de la détourner afin qu'elle ne gênât pas le travail des fours; c'était là, d'ailleurs, d'après les témoignages recueillis, une pratique assez en usage dans l'usine. On dut forcer l'alimentation. On prévint le contre-maître mécanicien Vidrine; celui-ci accourut sans délai, et justement effrayé de ce qu'il voyait, il s'empressa de prévenir le directeur, M. Thomas. Il était alors près de 3 heures. Vidrine revint immédiatement au puddlage; à 3^h21^m l'explosion avait lieu.

Le sauvetage fut rapidement organisé; Vidrine, grièvement blessé, se conduisit avec héroïsme, de l'aveu de tous les témoins : au milieu du désordre et de la confu-

sion, il eut la présence d'esprit de penser aux chaudières, qui vomissaient leur vapeur; il ferma lui-même les prises de vapeur des chaudières verticales n°s 3 et 5; quelques instants après, il parvenait à faire fermer les prises des autres chaudières.

Il est bon de connaître les antécédents de cette chaudière n° 4 qui a éclaté. Cette chaudière avait déjà fonctionné depuis une huitaine d'années au finissage, lorsque, en 1867, elle fut transportée au puddlage, à son emplacement actuel; depuis lors, elle ne cessa de donner lieu à des fuites et à des réparations (déposition Chompret). En juillet 1871, réparations et épreuves; nouvelles épreuves après réparations en 1873 et 1877; en 1878, on dut changer complètement les trois viroles inférieures, opération qui fut faite par MM. Hachette et Driout, de Saint-Dizier. A la remise en feu, en mai 1879 (rapport de M. Rigaud), nouvelles fuites à la jonction des deux viroles inférieures; ces fuites s'accentuèrent rapidement, *leur débit s'éleva jusqu'à six litres par minute;* un trou latéral, établi pour empêcher cette eau de couler dans le four, permit de jauger cette quantité; néanmoins, on continua à marcher jusqu'au 29 juin. De nouvelles réparations, suivies d'épreuves, eurent lieu le 19 juillet, le 24 août et le 8 novembre de la même année 1879. Procès entre le maître de forges et le constructeur; c'est à propos de ce différend que M. l'ingénieur des mines Rigaud fut désigné comme expert.

On se décide à changer complètement la 2e virole, celle du coup de feu, laquelle donne lieu à toutes ces avaries; on compose cette virole de quatre tôles debout, c'est-à-dire cintrées en travers; le 16 mars 1882, ces quatre tôles sont commandées à l'usine de Froncles et payées 36 francs les 100 kilogrammes, y compris cintrage, chanfreinage et amincissement des pinces; l'une de ces tôles est remplacée, en décembre 1883, par une feuille

(celle indiquée sur la planche XI, *fig.* 3 et 4, par le n° 7) commandée à la même usine et payée 55 francs les 100 kilogrammes. A la suite de cette réparation, eut lieu l'épreuve de janvier 1884, qui fut suivie, dix mois après, de l'explosion du 10 novembre.

A ce moment la chaudière se composait de tôles de trois provenances :

12 viroles supérieures et la calotte.	Tôles anciennes.
3e virole (à partir du bas)......	Tôle de Montataire, fournie par Hachette et Driout.
2e virole................	Tôle de Froncles.
1re virole................	Tôle de Montataire. (Hachette et Driout).
Fond de la chaudière........	Tôle ancienne.

4° *Étude des causes de l'explosion et conséquences à en déduire.* — Il résulte de l'historique qui précède que, depuis le jour où elle fut installée au puddlage, la chaudière n° 4 ne cessa de donner lieu à des fuites, à des ruptures locales, à des réparations, souvent fort coûteuses, de présenter ces symptômes qui dénotent un état instable, et sont toujours des présages menaçants.

Tous ces accidents se sont produits dans la même région, c'est-à-dire au coup de feu. La cause primordiale en est manifeste. L'examen des figures 9 à 11 de la planche XI la fait ressortir d'une manière évidente. Les flammes des quatre fours à puddler n°s 5 à 8 venaient déboucher sur la virole du coup de feu, laquelle n'était nullement protégée et recevait presque normalement l'attaque des flammes. (Voir aussi la figure 8, Pl. XI, donnant la coupe du rampant de la chaudière n° 6.) Les effets destructeurs des flammes perdues des fours métallurgiques sont depuis longtemps connus, et ont été, à plusieurs reprises, signalés par l'Administration.

La direction d'Eurville crut pouvoir s'en garantir en composant la virole du coup de feu au moyen de tôles de

grande longueur, dont elle dissimulait les rivures longitudinales derrières des murettes, et la rivure horizontale inférieure au moyen d'un bourrelet irrégulier en sable et briques. Ces mesures étaient absolument insuffisantes, et les accidents prémonitoires le prouvaient surabondamment.

Les mesures à prendre en pareil cas ont été indiquées tout au long par la Commission centrale dans sa séance du 25 mai 1878, à la suite du rapport présenté par M. l'ingénieur en chef H. Cléry, au nom d'une sous-commission désignée spécialement pour étudier les chaudières verticales chauffées par les flammes perdues des fours métallurgiques. Ce rapport a été porté à la connaissance du public par son insertion dans les *Annales des mines* (*), rappelé dans la *Note sur l'explosion de Marnaval*, publiée dans le même recueil (**), rappelé de nouveau par une circulaire ministérielle du 13 février 1884.

Il semble, en voyant le peu de cas que l'on a fait à Eurville de ces recommandations pressantes, qu'elles aient passé, pour ainsi dire, inaperçues. Il paraît donc utile de rappeler, parmi ces précautions, celles qui auraient pu immédiatement s'appliquer au cas qui nous occupe, et conjurer peut-être la catastrophe ; nous citons textuellement divers extraits du rapport.

A. « Protection des parties des chaudières situées en face du rampant, par l'établissement d'un revêtement en maçonnerie réfractaire (Il importe d'éloigner cette murette de la surface des tôles, à une distance de $0^{m},08$ à $0^{m},10$ au moins ; il serait bon que le rampant fût disposé de manière à diriger les gaz combustibles parallèlement aux parois de la chaudière). »

B. « Pour les parties les plus exposées aux flammes, bon choix des matériaux, de manière à éviter les ger-

(*) 1878, 2e sem., p. 68.
(**) 1883, 2e sem., p. 249.

çures et boursouflures des tôles et les ruptures des rivets. » (Dans une autre partie du rapport (*), la sous-commission considère comme mauvais l'usage de tôles cintrées en travers).

C. « Pour les parties sujettes à de brusques variations de dilatation et de contraction, consolidation plus grande des joints, de manière à empêcher, autant que possible, les fuites, par exemple au moyen de clouures à double rangée de rivets. »

D. « Dispositions telles que l'alimentation soit continue, ou à intervalles très rapprochés, pour atténuer les contractions brusques, cause capitale de la fatigue du métal. Dans le cas où ce mode d'alimentation serait impraticable, éloignement le plus grand possible de l'arrivée de l'eau alimentaire par rapport au débouché des flammes. »

E. « Établissements d'appareils de retenue automatiques sur le tuyau de jonction avec la conduite d'alimentation, et de soupapes d'arrêt sur le tuyau de vapeur, de manière à isoler tous les corps de chaudière les uns des autres en cas de besoin. » (Les appareils de retenue automatiques sur la conduite alimentaire ont été rendus obligatoires, par le décret du 30 avril 1880, article 8 ; la circulaire du 13 février 1884 a recommandé l'installation d'appareils analogues sur la conduite de vapeur.)

Voyons comment ces recommandations ont été observées à Eurville, et cherchons tout d'abord à nous rendre compte des conditions de fonctionnement de la chaudière n° 4.

Dans une chaudière ordinaire en bon état et en marche normale, la température de la tôle, en aucun point de son épaisseur, n'est de beaucoup supérieure à celle de l'eau qui la mouille ; mais cet écart croît en proportion de l'ac-

---

(*) Page 73.

tivité de la vaporisation, et dans les chaudières surmenées, il se produit dans la tôle des surchauffes locales, qui amènent de promptes détériorations. Ainsi que le fait observer avec beaucoup de raison M. l'ingénieur en chef Moissenet, la pratique des associations de propriétaires d'appareils à vapeur les a conduites à fixer une limite de 2k,500 de houille brûlée par heure et par mètre carré de surface de chauffe; au delà de 3 kilogrammes, on observe que des fissures se produisent entre les rivets. Or le calcul montre qu'à la chaudière n° 4, on atteignait en moyenne plus de 9 kilogrammes, chiffre énorme, même si l'on en défalque les déperditions dues à l'interposition du four entre la chaudière et la grille.

D'autre part, diverses circonstances aggravaient beaucoup cette situation.

En premier lieu, les flammes qui, dans une chaudière ordinaire, viennent se coucher parallèlement aux parois au sortir de la grille, venaient ici frapper presque normalement le métal nu, en débouchant par un étroit rampant de $0^m,40 \times 0^m,45$.

En second lieu, suivant la marche des opérations, l'intensité des flammes d'un four à puddler est extrêmement variable; de sorte qu'à certains moments la moyenne de 9 kilogrammes ci-dessus indiquée était de beaucoup dépassée.

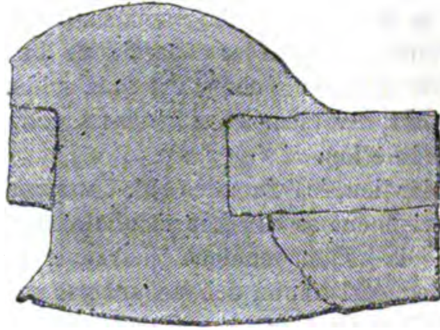
Enfin on remarquera (Pl. XI, *fig.* 11) que les conduits de flammes des quatre fours entourant la chaudière étaient séparés par des murettes, s'élevant jusqu'au sommet de la tour; lorsque deux fours voisins étaient à des phases différentes d'opération, l'une chaude, l'autre froide, il devait en résulter une grande fatigue pour les clouures.

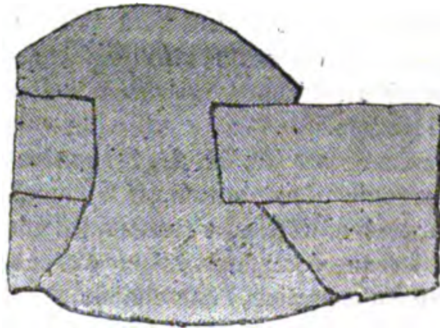
Ainsi, la chaudière n° 4 était dans les plus déplorables conditions. Voyons comment on avait paré à ce danger imminent, et comment les précautions recommandées ont été observées :

A. Il n'y avait pas de revêtement réfractaire; les murettes verticales et le bourrelet couvrant irrégulièrement la rivure basse du coup de feu ne constituaient en aucune façon une protection des tôles en face des rampants. Les rampants arrivaient presque normalement à la paroi de la chaudière.

B. Les tôles étaient cintrées en travers.

C. Les clouures étaient à simple rangée, et de plus extrêmement défectueuses.





Les croquis ci-dessus, obtenus par estampage direct d'une coupe polie de la rivure, montrent que les trous ne se correspondaient pas, et qu'il avait

fallu affamer les tôles pour arriver à placer les rivets.

D. L'alimentation était intermittente et se faisait par tranches d'environ $0^m,30$ de hauteur; la nuit de l'accident, cette alimentation se faisait à l'eau froide, et de plus, par suite des fuites, la presque totalité des moyens alimentaires de l'usine avaient été concentrés sur la chaudière n° 4.

E. Enfin, sur les chaudières du puddlage, il n'y avait d'appareils de retenue automatiques, ni sur la conduite d'alimentation, ni sur la conduite de vapeur. En ce qui concerne le clapet de retenue sur la conduite alimentaire, appareil obligatoire, l'absence de cet organe n'a pas, en fait, aggravé l'accident, parce que, par une fort bonne mesure d'ordre général, le service d'alimentation était réglé de telle sorte qu'il n'y avait jamais qu'un seul branchement ouvert. En ce qui concerne l'organe de fermeture automatique de la conduite de vapeur, organe simplement recommandé par l'Administration, il n'en existait sur aucune des chaudières; au moment de l'accident, le contremaître Vidrine fit tout ce qu'il était humainement possible de faire pour atténuer les conséquences de cette lacune, c'est-à-dire qu'il ferma promptement tous les robinets d'arrêt de vapeur. Néanmoins, pendant le court espace de temps nécessité par cette manœuvre, il s'écoula dans la halle une quantité de vapeur que M. l'ingénieur en chef Moissenet évalue à 3.500 kilogrammes, ce qui, ajouté à la vapeur dégagée par les 14 mètres cubes d'eau chaude qui se trouvaient dans la chaudière n° 4 au moment de l'explosion, correspond à un volume de 9.000 à 10.000 mètres cubes de vapeur saturée à 100°.

En ce qui concerne les précautions relatives aux clouures (C), elles avaient été fort négligées. Dans toute la chaudière les clouures étaient à simple rangée de rivets; dans la virole du coup de feu, celle qui a cédé, les rivets

étaient à tête fraisée, du côté extérieur. Dans les échantillons qui nous ont été envoyés, et qui ont été prélevés sur la couture des tôles 6 et 7, on voit que cette fraisure a été faite dans des conditions fort défectueuses; pour faire correspondre les trous, on a, comme on l'a vu, affamé outre mesure la tôle, de telle sorte que, dans la ligne des rivets, la section résistante est réduite, en plusieurs points, à moins de moitié de la section en pleine tôle. Ce fraisage exagéré a porté sur la tôle ancienne, et c'est celle-ci qui a cédé, se déchirant net suivant la ligne des rivets (Voir Pl. XI, *fig.* 7).

En ce qui concerne la qualité des tôles (B), la direction d'Eurville s'était préoccupée avec raison de se procurer, pour le coup de feu, des tôles de bonne qualité ; mais, désireuse de soustraire les rivures à l'action des flammes, elle avait pensé à disposer les feuilles debout, ce qui conduisait à cintrer les tôles en travers, opération des plus délicates, qui n'est acceptable que si les rivures sont parfaites, et surtout si les tôles sont très douces et bien homogènes dans les deux sens. Sur les plaques du n° 6 qui nous ont été envoyées, nous avons découpé des éprouvettes en long et en travers, et essayé ces éprouvettes à la traction (*). Voici les résultats de ces épreuves :

Éprouvettes de 0m 10 de longueur.

NUMÉROS.	SENS de la tôle.	CHARGE DE RUPTURE par millimètre carré.	ALLONGEMENT pour 100.	OBSERVATIONS.
1	En travers.	24	1	Grain sec; striction nulle.
2	En travers.	14	0	
3	En long.	29	6	
4	En long.	33	5	

(*) La Compagnie P.-L.-M. a mis à notre disposition, pour ces essais, le matériel de ses ateliers, avec une obligeance dont nous tenons à la remercier.

Ces essais caractérisent une tôle aigre et de basse qualité; nous ne saurions d'ailleurs affirmer que cette tôle n'a pas été altérée par les actions violentes auxquelles elle a été soumise depuis sa mise en place; mais l'écart qui existe entre les résistances en long et en travers prouve suffisamment qu'il était fâcheux de cintrer ces tôles dans le mauvais sens. Avant de les mettre en œuvre dans cette position anormale, il eût été prudent d'examiner avec soin si elles pouvaient s'y accommoder.

La faute la plus lourde qui ait été commise est évidemment l'omission du revêtement réfractaire (A), qui devait protéger les tôles du coup de feu. Il n'est pas douteux qu'un pareil revêtement, convenablement exécuté, combiné avec les visites qui se pratiquaient régulièrement dans l'établissement et avec quelques mesures de prudence vulgaire, eût suffi pour empêcher la catastrophe du 10 novembre.

La direction d'Eurville n'était que trop prévenue des dangers menaçants que présentait la chaudière n° 4, dans les conditions où elle fonctionnait. En dehors des publications rappelées plus haut, elle avait eu sous les yeux la catastrophe de Marnaval, où un accident tout local et de minime importance avait déterminé l'explosion d'un générateur presque identique, à tous les points de vue, à la chaudière n° 4. Elle avait reçu, par l'intermédiaire de M. le préfet de la Haute-Marne, la note relative à l'explosion de Marnaval. Le 20 juin 1884, elle recevait de M. l'ingénieur en chef Moissenet une lettre pressante, qui appelait toute son attention sur le danger de la situation, sur les diverses précautions à prendre, et notamment sur la nécessité de protéger la virole du coup de feu par un revêtement réfractaire. Enfin et surtout elle était avertie de l'imminence du danger par les nombreux incidents auxquels la chaudière n° 4 avait donné lieu, par ces fuites qui

ne pouvaient s'étancher, par ces tôles qui se gerçaient, et qu'il fallait incessamment remplacer.

Déjà, en 1879, lorsque la chaudière fut maintenue pendant cinq semaines en feu malgré des fuites énormes, on se demande comment une catastrophe ne s'est pas produite. Dans la nuit du 10 novembre 1884, les ouvriers et contremaîtres, en voyant les fuites atteindre des proportions redoutables et sentant venir le danger, n'osèrent pas prendre sur eux de jeter bas les feux; s'ils eussent été munis d'instructions appropriées, tout porte à croire qu'un immense malheur eût pu être évité.

L'accident d'Eurville n'apporte avec lui aucun enseignement nouveau; il ne fait que confirmer, confirmation éclatante, mais bien douloureuse, la nécessité urgente et indispensable d'entourer les chaudières des usines métallurgiques de précautions spéciales, et notamment des précautions recommandées précédemment par l'Administration. Au point de vue technique, la question peut être regardée comme vidée.

En est-il de même au point de vue administratif?

En présence des dangers particuliers que peuvent présenter les générateurs des usines métallurgiques, lorsqu'ils ne sont pas convenablement établis et surveillés, la sous-commission s'est demandé s'il n'y aurait pas lieu de provoquer, dès maintenant, des mesures réglementaires nouvelles.

Après avoir mûrement examiné la question, elle a jugé que, pour le moment du moins, il semble préférable de s'en tenir aux règlements existants. L'accident d'Eurville est entre les mains de la justice; en attendant qu'elle ait prononcé, il ne paraît pas utile, au moins quant à présent, de prendre de nouvelles dispositions administratives.

M. l'ingénieur en chef Moissenet vise, dans son rapport, trois contraventions au règlement de 1880, savoir:

A l'article 7 (absence de manomètre; il n'y avait qu'un seul manomètre dans tout le puddlage);

A l'article 8 (absence de clapets de retenue);

A l'article 11 (un seul indicateur de niveau).

Ces contraventions n'ayant joué aucun rôle dans l'accident, et ayant été déférées à l'autorité judiciaire, il n'y a, de ce chef spécial, aucune autre suite à donner à cette affaire.

Mais en présence des imprudences multipliées qui ont caractérisé le fonctionnement de la chaudière n° 4, imprudences qui ont, en fin de cause, amené la catastrophe du 10 novembre, on ne peut s'empêcher de regretter qu'à la suite de l'accident, ces imprudences n'aient pas été signalées à l'autorité judiciaire, et que l'on n'ait pas réclamé l'application des articles 319 et 320 du Code pénal, relatifs aux homicides, blessures et coups involontaires, conformément aux prescriptions contenues dans la circulaire ministérielle du 21 juillet 1880.

La sous-commission a été extrêmement frappée de cette omission; cet exemple et d'autres encore semblent montrer que les ingénieurs chargés de la surveillance des appareils à vapeur sont parfois disposés à mettre en oubli les attributions qui leur sont conférées par les lois et règlements pour la répression des délits. Il convient de leur rappeler que, dans les limites de leurs fonctions, ils ont pour devoir strict d'éclairer et de seconder la répression correctionnelle, qui reste aujourd'hui une des garanties les plus efficaces contre les imprudences qui mettent en danger les vies humaines. Il sera utile, notamment, de leur rappeler les termes de la circulaire ministérielle du 21 juillet 1880 :

« Les contraventions qui donnent lieu à des accidents de personnes doivent être rigoureusement signalées à l'autorité judiciaire, en réclamant l'application de l'article 20 de la loi du 21 juillet 1856. *Il en est de même*

des imprudences ou des négligences, qui ne constituent pas une contravention au règlement, mais qui, en cas d'accident, tombent sous l'application des articles 319 *et* 320 *du Code pénal.*

« *Il ne suffit pas aux industriels d'éviter les contraventions, car ils demeurent responsables des accidents que peuvent causer leurs appareils, aussi bien par suite du mauvais état d'entretien et d'un mauvais emploi, que par suite des dispositions vicieuses qu'ils pourraient présenter dans leur établissement, quoique ces dispositions n'aient pas été visées explicitement par le décret.* »

D'autre part, la sous-commission a pensé qu'il serait utile de se rendre un compte exact du degré de péril que peuvent présenter les chaudières verticales et autres chauffées par les flammes perdues des fours métallurgiques, qu'il y avait lieu en conséquence de continuer, dans quelques-unes de ses parties, l'enquête faite par la sous-commission de 1878 sur ces sortes de chaudières, et de demander à l'Administration de prendre les mesures propres à réunir les renseignements nécessaires.

5° *Conclusions.* — En conséquence de ce qui précède, la sous-commission a l'honneur de proposer à la Commission centrale l'avis ci-après :

« L'accident d'Eurville est dû, avant tout, aux conditions défectueuses d'établissement et de fonctionnement de la chaudière qui a éclaté ; cette chaudière était verticale et chauffée par les flammes perdues de quatre fours à puddler; les courants de flammes débouchant des rampants venaient attaquer directement la tôle nue de la chaudière. D'ailleurs, cette tôle était, ou était devenue peu résistante ; elle était cintrée en travers et les rivures étaient fort défectueuses. Cet accident, dont les conséquences ont été désastreuses, eût été sans nul doute évité, si l'on eût observé, dans l'installation et la con-

duite du générateur, les précautions indispensables dans l'emploi des chaudières chauffées par les flammes perdues des fours métallurgiques, précautions qui ont fait l'objet de diverses notes publiées dans les *Annales des mines*, et, tout récemment, d'une circulaire ministérielle en date du 13 février 1884.

« Il est regrettable qu'à la suite des faits d'imprudence qui ont amené l'accident, l'application des articles 319 et 320 du Code pénal n'ait pas été réclamée à l'autorité judiciaire.

« Il convient de renouveler aux ingénieurs de l'État chargés de la surveillance d'appareils à vapeur les instructions contenues dans la circulaire ministérielle du 21 juillet 1880, relatives aux poursuites à provoquer en cas d'accidents de personnes.

« Il sera utile d'ouvrir une enquête sur l'état des chaudières chauffées par des fours métallurgiques et sur les précautions prises pour assurer la sécurité de leur fonctionnement.

« Enfin, il conviendra d'insérer le présent rapport dans les *Annales des mines* et dans les *Annales des ponts et chaussées.* »

La Sous-Commission.

Avis de la Commission centrale des machines à vapeur.

La Commission centrale, dans sa séance du 20 janvier 1885, après avoir entendu l'exposé et les observations qui précèdent et en avoir délibéré, a adopté l'avis proposé par la sous-commission.

LÉGENDE EXPLICATIVE

DES PLANCHES X ET XI.

Planche X.

Plan d'ensemble du puddlage des forges d'Eurville montrant la position des fragments de la chaudière n° 4 après l'explosion.

Planche XI.

Fig. 1, 2 et 3. — Développement des fragments de la deuxième virole de la chaudière n° 4, vus à l'intérieur. Échelle de 1 : 40.

Fig. 4. — Croquis figuratif du gros fragment opposé aux fours 7 et 8, gisant sur le sol, vu du côté extérieur.

Fig. 5. — Vue en dessus du fond de la chaudière et de la portion de la première virole restés en place. Échelle de 1 : 40.

Fig. 6. — Développement de la portion de la première virole (*fig.* 5), vue à l'intérieur. Echelle de 1 : 40.

Fig. 7. — Échantillon de la couture des tôles n° 6 et n° 7, de la deuxième virole, montrant la déchirure de la tôle n° 6 suivant la ligne des rivets.

Fig. 8. — Coupe du rampant de la chaudière n° 6. Échelle de 1 : 80.

Fig. 9. — Coupe du rampant de la chaudière n° 4, en partie rétabli d'après les ruines. Échelle de 1 : 80.

Fig. 10. — Coupe verticale suivant la ligne A B C D du plan *fig.* 11, montrant la disposition des carneaux conduisant la flamme des fours à puddler à la chaudière n° 4. Echelle de 1:80.

Fig. 11. — Coupe horizontale suivant la ligne G H J K de la figure 10, montrant la disposition des carneaux. Échelle de 1 : 80.

LA LÉGISLATION DES MINES
AU JAPON

Par M. L. AGUILLON, ingénieur en chef des mines.

Le législateur s'est montré si préoccupé d'écarter de l'industrie extractive du Japon sinon l'élément technique étranger, tout au moins les capitaux étrangers, qu'on pourrait tenir d'une utilité pratique peut-être douteuse la connaissance de la législation des mines de l'empire de l'Extrême-Orient. L'intérêt pratique de son étude n'en subsiste pas moins pour nous à un double point de vue, sans parler de l'intérêt théorique que comporte toujours l'étude de la législation comparée : il est intéressant et il peut être utile de mieux connaître les lois de pays avec lesquels le mouvement colonial actuel nous appelle à avoir des rapports sans cesse plus fréquents ; l'intérêt s'accentue si l'on veut bien faire attention que nous sommes appelés à examiner le régime que nous devons donner à l'exploitation des mines dans celles de nos possessions qui avoisinent le Japon : s'inspirer, s'il y a lieu, de ce qu'on a pu tenter d'heureux ailleurs ; éviter surtout de renouveler les erreurs qu'on a pu commettre en entravant par de fausses mesures l'essor de l'industrie des mines ; tel peut être le résultat de pareilles études et tel a été du moins le but qui nous a fait entreprendre le travail que nous présentons ici.

Ce travail comprend essentiellement la traduction de la loi de 1873, traduction faite sur un texte anglais semi-officiel; nous l'avons accompagné de notes qui permettent de suivre les dernières modifications apportées par l'administration japonaise dans l'application de cette loi; nous avons cru devoir faire précéder cette seconde partie d'un résumé faisant ressortir l'esprit et les dispositions importantes de cette législation à coup sûr originale (*).

La législation des mines du Japon repose aujourd'hui sur la loi de 1873; mais antérieurement à sa promulgation et à son application, quelques actes étaient intervenus qui avaient été un acheminement et une préparation à cette loi.

Le premier de ces actes fut une décision du *Daijo-kwan* (Grand Conseil d'État), du 5e jour du 4e mois de l'année *Kanoto Hitsuji* (24 mai 1872), qui stipulait que toute personne, justifiant de facultés financières suffi-

(*) L'administration japonaise a fait réunir dans un Recueil, destiné à l'usage exclusif de ses fonctionnaires, imprimé en anglais, le texte des lois, circulaires et décisions ministérielles, intervenues en matière de mines de 1871 à 1877. Le préambule de ce Recueil dit bien que le seul texte officiel est le texte japonais. Le texte anglais, émané de l'administration, est tout au moins une traduction à laquelle on peut s'en rapporter avec confiance sans recourir aux textes originaires.

M. le Dr *Brassert* a publié, d'après les mêmes sources, dans la première livraison de 1884 de sa *Zeitschrift für Bergrecht*, une traduction allemande de la loi de 1873, en l'accompagnant d'un commentaire juridique et économique intéressant. Outre que ce texte pouvait ne pas constituer une ressource très précieuse pour ceux qui ne connaissent pas l'allemand, il nous a paru que l'étude de la loi de 1873 pouvait être faite à un point de vue un peu différent de celui où s'est placé le savant directeur de l'*Oberbergamt* de Bonn, dont nous n'avons pas eu, par suite, à utiliser le travail, le nôtre ayant été fait exclusivement sur les documents originaux.

santes, pouvait demander et obtenir du gouvernement le droit d'exploiter les mines, par contrat, moyennant payement à l'État d'une rente appropriée.

Cette décision fut suivie d'une autre, rendue le 4 mai 1873, comprenant un règlement (*) sur le régime et l'exploitation des mines, qui posait les principes généraux de la matière plus qu'il n'en formulait les détails d'application.

L'article 1er stipulait que toutes les substances minérales utilisables appartenaient exclusivement au gouvernement, qui avait seul le droit de les exploiter ou de les faire exploiter par contrat, à l'exception des pierres ordinaires et des terres, dont le propriétaire superficiaire pouvait disposer à son gré.

Suivant l'article 2, tout sujet japonais pouvait obtenir par contrat la faculté d'exploiter les mines; mais il ne pouvait hypothéquer la mine elle-même ou la donner comme gage d'emprunts; il pouvait seulement, et encore avec l'autorisation préalable de l'administration, donner en gage à ses prêteurs son droit d'exploiter pendant la durée du contrat. Il était formellement interdit de donner pareil gage à des emprunts faits à des étrangers (art. 3).

Une autorisation administrative était nécessaire pour l'installation sur une mine de machines ou outillage européens et pour l'engagement d'ingénieurs européens. On ne pouvait du reste engager d'Européens qu'en qualité d'ingénieurs (art. 4).

L'exploitant devait fournir semestriellement à l'administration l'état de son extraction, en quantité et valeur; en cas d'erreur calculée pour diminuer la taxe due, la mine entière et ses dépendances étaient confisquées (art. 5).

La décision du *Daijokwan* fixait, en outre, en dehors

(*) Qualifié *Mining regulations* dans le recueil anglais précité.

du texte même du règlement que nous venons de résumer, certaines règles d'application telles que l'interdiction de la vente des produits provenant de simples travaux de recherche; la limitation, à déterminer par le gouvernement, de la durée des baux consentis originairement sans fixation de temps, les mesures administratives de surveillance en cas d'abandon ou de reprise des mines.

Nous allons retrouver ces mêmes principes dans la loi actuelle de 1873 et dans les diverses décisions qui l'ont suivie et confirmée.

La séparation des substances soumises au régime spécial de la loi minérale d'avec celles laissées, comme dépendances du sol, à la libre disposition du propriétaire superficiaire, est faite par la loi de 1873 sur les mêmes bases qu'antérieurement; mais elle est mieux et plus explicitement définie. L'article 3 ne laisse au propriétaire superficiaire que les matériaux de construction et les substances utilisables pour la culture des terres (*).

C'est à titre de propriétés domaniales plus encore qu'en vertu du droit régalien (**) qu'antérieurement à la loi de

(*) C'est par une définition identique, fondée sur la destination des substances plus que sur leur nature minéralogique ou chimique, que le décret du 22 juillet 1873, portant organisation du régime des mines à la Nouvelle-Calédonie avait déjà distingué les *mines* des *carrières* : cette définition a été également adoptée par le projet de règlement sur les mines du Tonkin inséré au *Journal Officiel* du 6 décembre 1884 (V. *Annales des mines* 1884, *part. adm.*, p. 418).

(**) La distinction entre la *domanialité* pure et le *système régalien*, autant que l'on peut faire de distinctions précises dans un sujet aussi délicat et aussi peu net, réside pour nous en ceci que, dans le premier système, l'État dispose du droit d'exploiter à telles conditions qu'il lui plaît de fixer dans chaque cas, tandis que, dans le second, s'il a toute liberté dans le choix des concessionnaires et l'étendue du champ concédé, le droit conféré au concessionnaire ne se trouve plus soumis à des conditions contractuelles librement débattues, mais exclusivement à celles fixées par la loi.

1873 le gouvernement disposait du droit d'exploiter les substances minérales détachées de la propriété du sol; peut-être, avec la loi actuelle, l'idée de domanialité pure est-elle moins marquée et les règles du droit régalien davantage (*).

En tout cas, il n'y a pas trace, dans la loi japonaise, de droit d'accession, c'est-à-dire de droit reconnu aux propriétaires superficiaires sur les produits des mines (**); on ne voit pas non plus qu'on ait emprunté quelque chose au régime fondé sur l'occupation, la prise de pos session ou la priorité de la demande, toutes choses rentrant au fond l'une dans l'autre (***).

En vertu des principes admis, le gouvernement attribue seul discrétionnairement aux particuliers, qui lui en font et doivent lui en faire préalablement la demande, soit le droit d'explorer par des *permis de recherche*, soit le droit d'exploiter par *location* pendant une durée de 15 ans (art. 11), un périmètre dit *mining sett.*

Le chapitre II (art. 5 à 8) traite des explorations à faire par *permis de recherche.*

Il y a lieu, tout d'abord, de relever dans les prescriptions relatives à ce sujet deux choses : le droit de préférence reconnu au propriétaire superficiaire, pourvu ce-

(*) Cela est surtout vrai si l'on persiste à ne plus percevoir la redevance proportionnelle sur le produit brut (V. art. 31), redevance qui était à peu près discrétionnairement imposée.

(**) En dehors des pays où la propriété de la mine n'est pas séparée de celle du sol, il n'y a guère que ceux appliquant la loi française de 1810 qui conservent le principe de la redevance tréfoncière.

(***) Ce système, si pratique en même temps que si rationnel, qui implique, bien compris, le respect du droit de l'inventeur, est celui, on le sait, des lois espagnoles comme du droit allemand tel que l'a posé la loi prussienne du 24 juin 1865; il se rattache au système de la *Bergbaufreiheit.*

pendant qu'il soit capable d'entreprendre ce travail (art. 5) et l'interdiction faite à l'explorateur de disposer du produit de ses recherches (art. 6) (*).

Le droit d'explorer par permis de recherche n'est valable que pour un an, mais peut être prorogé (art. 7).

En somme, le permis de recherche japonais correspond exactement au permis de recherche délivré en France par le gouvernement, en cas de refus du propriétaire du sol d'autoriser les recherches dans son terrain : au Japon seulement, il est toujours nécessaire de se munir d'un permis de recherche, ce qui est parfaitement logique tant dans le système de la domanialité que dans celui du droit régalien. Mais pas plus au Japon qu'en France, ce qui est également logique et conforme aux bases des deux législations, le permis de recherche ne crée, en faveur de son titulaire, un droit à l'obtention de la location de la mine (**). C'est en cela notamment que réside une des différences essentielles avec les systèmes fondés sur le droit d'occupation ou de prise de possession dans lesquels la priorité de recherche ou de demande constitue un droit à l'obtention ultérieure du droit d'exploitation.

(*) Parfaitement fondée au point de vue des principes dans les systèmes de la domanialité et du droit régalien, cette disposition conduit fatalement, en pratique, à des difficultés de fait qui nécessitent des mesures de tolérance : c'est ainsi qu'au Japon on aura dû être amené à l'expédient du *permis d'exploitation provisoire* dont il est question à la note de l'article 10.

(**) Dans le dernier modèle de requête à présenter par l'intéressé et de rapport à fournir par les autorités locales en ce qui concerne les demandes en permis de recherche, modèle annexé à la circulaire du 19ᵉ jour du 10ᵉ mois de la 9ᵉ année Meiji (1876), on voit bien qu'il est fait allusion au cas où il y aurait sur un même point des travaux antérieurs concurrents ; il est dit que ce cas arrivant, les autorités locales doivent établir qu'il n'y a pas d'objections à l'octroi de la demande. Mais nous ne voyons rien là qui permette de résoudre la question dans un sens autre que celui indiqué au texte.

Le droit d'exploiter un *mining sett* — et c'est en cela que consiste surtout l'originalité de la loi japonaise — est essentiellement un droit mobilier, un bail de la mine consenti par l'État pour une durée de quinze ans, si la chose lui agrée et le preneur lui convient. L'exploitant agréé a le droit d'abattre les substances minérales utilisables situées dans son *mining sett* et il dispose librement des substances abattues (*); mais il n'a aucun droit sur la mine elle-même, c'est-à-dire sur les substances non abattues qui sont encore en place dans leur gisement naturel : c'est un fermier et non un propriétaire.

Ce droit au bail de la mine (**) est, du reste, assez précaire, puisqu'il n'y a pas moins de quatre cas dans lesquels il est ou peut être retiré; ce sont : 1° le cas où un étranger aurait un intérêt quelconque dans l'entreprise (art. 4); 2° le cas où l'on n'aurait pas exécuté dans l'année, sans cause reconnue légitime, le travail légal minimum fixé par l'article 20 (***); 3° le cas

(*) Sous la réserve, toutefois, laquelle mérite d'être relevée, que s'il s'agit de substances métallifères, il est tenu de les traiter ou de les fondre lui-même (art. 9, 2e alinéa).

(**) La loi japonaise s'est évidemment inspirée, à ce point de vue, comme en beaucoup d'autres d'ailleurs, des règles qui avaient cours en Australie à l'époque de sa promulgation, et notamment dans le New-South-Wales, pour les substances autres que l'or. On y procédait là, en effet, par *leases* ou locations, de 14 ans, renouvelables. Mais outre qu'on avait la faculté, au lieu d'un *lease* temporaire, de procéder à un achat ferme, à perpétuité, le droit au bail en Australie n'a jamais eu la précarité japonaise et en outre tout le monde avait la faculté de prendre une mine en location ou de l'acheter, à charge d'y avoir fait, au bout d'un certain temps, en travaux, une dépense relativement minime; il n'y a rien, en un mot, qui attribue à l'administration un choix discrétionnaire entre concurrents.

(***) La règle japonaise, faite évidemment pour de très petites concessions, correspond à un personnel obligatoire de six ouvriers occupés d'une façon continue pendant toute l'année par hectare compris dans la concession, ce qui serait un chiffre fort

où le bail aurait été cédé à un tiers sans une autorisation formelle de l'État et l'agrément par lui du cessionnaire (art. 24); 4° le cas où, faute de suivre les instructions administratives sur l'épuisement des eaux, on aurait provoqué dans la mine des dommages irréparables (art. 28).

Dans ces quatre cas, comme aussi en fin de bail, l'État prend possession de la mine et de tous les travaux souterrains sans aucune compensation pour le fermier qui n'a que le droit d'enlever les constructions faites par lui à la surface en laissant le sol en bon état (art. 25). La confiscation est complète et absolue dans le premier des quatre cas précités (art. 4).

En outre, suivant des décisions récentes de 1876 (*), l'exploitant qui tombe en faillite est tenu d'arrêter ses travaux jusqu'à la fin de sa liquidation et même de renvoyer son titre à l'administration.

Par contre, le fermier peut renoncer librement à son bail (**), à charge par lui de laisser les travaux intérieurs

---

élevé pour une concession tant soit peu étendue. Dans la loi de la Saxe royale du 16 juin 1868, où pareille prescription se trouve inscrite (§ 58) la règle est de deux ouvriers pour la première *unité de mesure* et de un ouvrier au plus par cinq *unités de mesure;* ce qui, pour les mines ordinaires (autres que celles portant sur les minerais superficiels et les anciennes haldes) où l'*unité de mesure* est de 4.000 mètres carrés, et en supposant une mine de plus de 1 hectare d'étendue, correspond à un personnel obligatoire de un ouvrier par 2 hectares, non compris les deux premiers ouvriers; en outre, une dépense faite en nature, de 375 fr. est considérée comme équivalant à l'emploi d'un ouvrier. La règle de même nature inscrite dans les *Ordonnances de Mexico,* qui ont régi pendant plus d'un siècle et régissent partiellement encore l'exploitation des mines dans toutes les anciennes possessions espagnoles du Nouveau-Monde, revenait sensiblement à un ouvrier occupé toute l'année par hectare.

(*) Décisions du ministre des travaux publics, des 15e et 20e jours du 4e mois de la 9e année Meiji (1876).

(**) Voyez la note de l'article 27 d'où il semble résulter qu'une

en bon état d'entretien, ou de prendre les précautions que peut exiger la sécurité (art. 27).

Bien que la location soit originairement consentie pour l'exploitation d'une ou de certaines substances expressément dénommées, l'article 18 implique que l'exploitant peut extraire toutes autres substances, sauf à en tenir compte dans le paiement des redevances proportionnelles, alors qu'il y en avait à payer.

On pourrait être tenté d'induire des articles 20 et 31 qu'un *mining sett* ne pourrait dépasser une étendue de 500 *ken* carrés soit 1.657^{mq},86. Il ne faut évidemment voir là qu'une sorte d'*unité de mesure* minière comme on en trouve tant d'exemples dans les législations allemandes et espagnoles. Le premier alinéa de l'article 9 suffit pour montrer que l'État a la faculté d'apprécier discrétionnairement l'étendue nécessaire à un *mining sett* pour qu'on y puisse asseoir une exploitation convenable.

L'article 22 fixe très largement pour l'exploitant le droit d'occupation des terrains de surface nécessaires à tous les besoins de son exploitation, en indiquant une procédure, relativement à l'indemnité due au propriétaire à défaut d'accord amiable, qui est propre au pays et qu'à ce titre il serait inutile de relever.

Le principe de la réparation, par une indemnité équivalente, des dommages causés à la surface résulte de l'article 17, où il est curieux de relever que l'exploitant est, en outre, frappé, en ce cas, d'une amende égale perçue au bénéfice de l'État.

Les relations entre mines voisines sont réglées par

---

autorisation administrative peut bien être nécessaire pour sanctionner la régularité de l'abandon.

l'article 21 au moyen de l'établissement de servitudes légales réciproques pour l'aérage et l'écoulement des eaux, voire même pour la viabilité à l'extérieur, avec indemnité payée par celui qui profite du travail utile aux deux parties, sauf en ce qui concerne l'aérage, à celui qui l'a exécuté. En outre, tout exploitant est tenu de réparer les dommages causés à une exploitation voisine (art. 23). Dans toutes les circonstances, l'indemnité est fixée, en cas de désaccord, par l'administration des mines.

Le chapitre IV (art. 12 à 15) est consacré, sous le titre de *galeries générales*, à l'exécution d'entreprises, à faire en dehors du périmètre de la mine, qui correspondent à ce que notre législation appelle des travaux de secours, avec cette nuance cependant, qui n'est pas sans importance, que les galeries générales de la loi japonaise peuvent être également des voies de roulage ou de sortie des produits. Elles correspondent donc plus exactement aux ouvrages analogues prévus dans nombre de législations étrangères. Ces *galeries générales* sont entreprises sur simple autorisation de l'administration avec concours dans la mesure de leur intérêt, de ceux qui en tireraient un avantage quelconque, toujours avec règlement définitif des indemnités, fait par l'administration s'il y a lieu d'y recourir.

L'exploitant d'un *mining sett* doit payer annuellement à l'État, au début de l'année, ce qui revient à dire par avance suivant une très prudente mesure, une redevance fixe calculée à raison de 30 fr. par hectare pour les mines métallifères autres que celles de fer et de 15 fr. pour toutes les autres mines (art. 31) (*).

(*) Ce système d'une redevance fixe, relativement élevée, à l'hectare, que nous a fait perdre de vue notre système de redevance fixe de $0^f,10$ par hectare, vraiment inutile sinon ridicule

Outre cette redevance fixe, l'article 31 astreignait l'exploitant à payer une redevance proportionnelle sur la valeur du produit brut, redevance variable entre 20 et 3 p. 100, à fixer, dans chaque cas, par l'administration, suivant les circonstances. Mais deux ans à peine après la promulgation de la loi le gouvernement a été obligé de renoncer à cet impôt (*).

L'application de la loi était originairement, d'après son texte, confiée à peu près exclusivement à une administration spéciale, le *Government mining Department*. A en juger par les actes ultérieurs, il semble que depuis 1876 cette administration a disparu en tant qu'administration indépendante. Le ministre des travaux publics est l'autorité supérieure de qui dépend la matière des mines et il exerce ses pouvoirs par l'intermédiaire des autorités administratives ordinaires, c'est-à-dire des gouverneurs de provinces ou *Ken*, assistés des fonctionnaires subalternes nécessaires. Ce serait là, dans son ensemble, une orga-

---

par son infime modicité, offre cependant de grands avantages pratiques qui justifient son adoption, particulièrement dans les pays neufs. Dans le *New-South-Wales* les *leases* précités de 14 ans, pour toutes mines autres que celles d'or, étaient consentis moyennant une taxe de 15 francs par hectare. Le projet de règlement pour les mines du Tonkin (art. 45) prévoit une taxe fixe à l'hectare de 10 francs pour les mines de combustible et de fer, 20 francs pour les mines d'alluvions, 15 francs pour les mines de toutes autres substances. Il va de soi qu'il faut prendre garde de combiner cette taxe avec une redevance proportionnelle trop élevée, auquel cas on tomberait inévitablement dans l'inconvénient, qui n'a pas tardé à se manifester au Japon, d'arrêter l'exploitation des mines.

(*) Le projet de règlement sur les mines du Tonkin (art. 47) prévoit un droit de douane *ad valorem*, à percevoir à la sortie, de 3 p. 100 pour les combustibles et minerais de fer et de 5 p. 100 pour toutes les autres substances et métaux, ce qui correspond à un certain degré, questions d'incidence et de quotité à part, à l'impôt japonais. Sous la forme adoptée au Tonkin, cet impôt a l'avantage d'être d'une perception relativement facile.

nisation correspondant assez bien à notre administration des mines en France.

En tout cas, l'administration des mines, toute question d'organisation à part, a des attributions très étendues. Elle ne se borne pas à l'administration proprement dite dans les matières de sa compétence; elle a, en outre, la juridiction soit en matière civile pour le règlement des indemnités qui peuvent être dues par l'exploitant, en vertu de la loi des mines, aux propriétaires superficiaires ou aux exploitants voisins; soit même, sous un certain rapport, en matière pénale, puisqu'elle peut infliger des amendes dans divers cas, à l'exploitant, notamment pour toutes infractions à la loi (art. 33) (*).

La perception de ces amendes, comme du reste des redevances, se trouve assurée par le droit de saisie des meubles avec privilège conféré à l'administration par l'article 32.

Il nous reste à mentionner une des particularités de la législation japonaise à laquelle nous faisions allusion dès le début de cette note; c'est le souci qu'on y a pris d'édicter les mesures les plus propres à écarter de l'industrie des mines le personnel et les capitaux étrangers. En ce qui concerne le personnel, il n'est fait exception que pour les ingénieurs. Relativement aux capitaux, on voit, en se rapportant aux notes sur les articles 2 et 4, que si, d'une part, les capitaux étrangers ont essayé de s'engager dans cette industrie en tournant ingénieusement les difficultés légales qu'ils rencontraient, le gouvernement, d'autre part, est toujours intervenu de la façon la

(*) Pareille attribution appartient à l'administration des mines dans la Saxe royale et en Autriche.

Certaines des amendes japonaises sont d'une modalité fort ingénieuse pour atteindre efficacement les délinquants, notamment celle de l'article 19 qui frappe les fausses déclarations.

plus énergique pour atteindre sûrement, par la confiscation la plus complète, toute entreprise, y compris son outillage, où sous une forme quelconque le capital étranger aurait pu arriver à se glisser (*).

LOI SUR L'EXPLOITATION DES MINES DE L'EMPIRE DU JAPON (1873)

(**Traduction.**)

CHAPITRE I.

De l'objet de l'exploitation des mines.

Art. 1[er]. Par stricte interprétation de la loi, toutes les substances inorganiques peuvent faire l'objet de l'exploitation des mines. Ces substances sont divisées en deux classes : 1° les substances métallifères; 2° les substances non métallifères. A la première classe appartiennent les différents métaux soit à l'état natif, soit combinés dans leurs minerais; à la seconde, les combustibles, le sel gemme, le phosphate de chaux et les pierres précieuses. Toute substance de nature inorganique, sans qu'il y ait lieu de distinguer si elle est ou non métallifère, peut faire l'objet d'une *exploitation de mine;* et les mots *mine*, *travaux de mines*, *établissement minier* (**), produits de mines et autres

---

(*) Le projet de règlement pour les mines du Tonkin interdit également aux étrangers d'y acquérir, d'une manière quelconque, la propriété des mines; mais il ne leur interdit pas d'y entreprendre des recherches de mines et d'acquérir certains droits que confère la seule qualité d'explorateur légal, pas plus qu'il ne leur interdit d'avoir un intérêt dans une société, pourvu que la société soit française.

(**) C'est l'expression anglaise *mining sett* que nous traduisons par établissement minier. Le sens exact de ce mot a été suffisamment indiqué dans la notice qui précède: le mot concession de mine eut peut-être été plus intelligible en France; mais il y a tant de différence entre la concession française et le *lease* ou location japonaise que nous n'avons pu nous y résoudre, malgré l'autorité de M. le D[r] *Brassert* qui, dans son travail précité, a traduit l'expression anglaise *mining sett* par le mot allemand *Verleihung*, qui

analogues doivent être entendus comme se rattachant à cette définition.

Art. 2. Toutes les substances énumérées et désignées dans l'article précédent, qui seraient trouvées dans l'empire du Japon, sont la propriété du gouvernement impérial, qui a seul le droit d'en disposer (*).

Art. 3. Les pierres de construction, sable, graviers, argile et toutes autres substances employées dans les constructions et pour l'agriculture appartiennent au propriétaire du sol.

Art. 4. Quiconque n'est pas sujet de l'empire Japonais ne peut être autorisé à faire des recherches de mine, exploiter une mine, traiter des minerais, devenir propriétaire d'une entreprise de mine ou y posséder un intérêt. Toute personne qui aurait un intérêt dans les profits ou pertes de travaux de mine est considéré comme possédant un intérêt dans ladite entreprise. Toute infraction à cette prescription sera punie de la confiscation de toute la propriété de ladite entreprise, sans préjudice de l'arrêt de toutes les opérations (**).

CHAPITRE II.

Des travaux de recherche.

Art. 5. Toute personne désireuse d'entreprendre des recherches de mine doit, après demande, en obtenir la permission de l'administration générale des mines (***). Si le terrain dans

---

correspond exactement à notre mot français *concession*. Le mot *Feld* ou *Grubenfeld* (champ de mine), fréquemment employé par cet auteur, nous paraît plus heureux.

(*) Par application de ce principe fondamental, le premier ministre, suivant décision du 10e jour du 11e mois de la 6e année Meiji (1873), a déclaré que l'exploitant d'une mine ne pouvait contracter un emprunt gagé sur le minerai non encore extrait, ni l'engager sur avances par contrat de vente en faveur d'étrangers.

(**) Voir, à la fin de la loi, l'appendice relatif aux conditions dans lesquelles peut être engagé un ingénieur étranger.

Une décision du ministre des travaux publics du 2e jour du 8e mois de la 4e année Meiji (1873) assimile le fait de contracter un emprunt à des étrangers gagé sur la mine au cas prévu par cet article et ce fait est, par suite, de nature à donner lieu au retrait du droit d'exploiter.

Voir une autre décision analogue en note de l'article 2.

(***) Le texte de la loi porte *the Government mining department;* mais, par décision du ministre des travaux publics du 7e jour du 2e mois de la 7e année Meiji (1874), c'est à son ministère que, à partir de cette date, pareille demande doit être adressée. (Voir, du reste, ce qui est dit ci-dessus, dans la

lequel elle désire faire ses recherches est la propriété d'un tiers, elle doit s'entendre avec lui sur l'indemnité à donner pour l'occupation du sol. Le propriétaire superficiaire a un droit de préférence pour entreprendre des recherches. Mais si ce propriétaire est incapable de poursuivre lui-même ces travaux par manque de capitaux et refuse à un tiers de les entreprendre ou demande une indemnité sans rapport avec son terrain, le terrain sera acheté par l'administration générale des mines ou les autorités locales au prix qu'elles estimeront convenable.

Art. 6. L'explorateur qui découvre des minerais doit en faire la déclaration et envoyer des échantillons à l'administration générale des mines; ultérieurement il doit lui envoyer deux fois l'an, aux premier et septième mois, un état donnant le nombre des jours de travail, le nombre des ouvriers occupés, et le rendement des travaux pendant le semestre écoulé. Aucune vente des produits de recherche ne pourra avoir lieu avant qu'on soit devenu locataire d'un *établissement minier* (*mining sett*) en conformité de l'article 10 (*). Toute infraction à cette prescription sera punie par une amende équivalente à la valeur des produits vendus.

Art. 7. Les travaux de recherche devront être terminés dans le délai d'un an; mais une prolongation pourra être accordée s'il est justifié que la mine n'a pu être ouverte plus tôt.

Art. 8. En abandonnant des travaux de recherche on doit se conformer aux prescriptions de l'article 27. A ce moment les produits des recherches pourront être vendus sur permission préalablement obtenue de l'administration générale des mines et moyennant paiement des redevances prévues à l'article 31. Il pourra être fait remise des redevances à l'explorateur qui justi-

---

notice, sur la transformation générale subie par l'administration depuis l'apparition de la loi de 1873.)

A la demande doit être annexé un plan, d'après la circulaire du ministre des travaux publics du 19e jour du 10e mois de la 9e année Meiji (1876).

Il résulte d'une décision du même ministre, du 7e jour du 12e mois de la 7e année Meiji (1874), que le *permis de recherche* ne peut être cédé à un tiers. D'après le modèle de ces permis, annexé à une circulaire du ministre des travaux publics du 14e jour du 12e mois de la 7e année Meiji (1874), il semblerait que la cession de ce permis peut avoir lieu sans autorisation administrative spéciale, pourvu que le cessionnaire ne soit pas légalement incapable de s'occuper de l'exploitation des mines.

(*) Voir à la note de l'article 10 ce qui est dit des *permis d'exploitation provisoires*, qui permettent l'exploitation effective avant la passation du contrat définitif de location.

fierait abandonner ses recherches à raison des pertes qu'elles lui ont fait subir.

CHAPITRE III.

Des établissements miniers et de l'ouverture des mines.

Art. 9. On peut obtenir un établissement minier (*mining sett*) d'une dimension nécessaire à l'exploitation convenable des mines.

Toute personne exploitant des mines métallifères devra traiter les substances en provenant.

Les personnes désireuses d'acquérir le droit d'exploiter un établissement minier en font la demande à l'administration générale des mines (*) en l'accompagnant d'un plan de la surface demandée pour l'établissement (**). Lorsque le demandeur, qui a déjà achevé ses travaux de recherche, comprend dans sa demande des terrains appartenant à des tiers, ceux-ci ne sont pas fondés à y faire opposition. Mais le demandeur auquel un établissement minier a été accordé doit désintéresser ces tiers pour leur propriété conformément à l'article 22.

Art. 10. Un fonctionnaire de l'administration générale des mines doit se rendre sur place pour mesurer les dimensions de l'établissement sollicité et en marquer les limites. Sur son rapport à ladite administration, si l'on juge opportun de donner suite à la demande (***), une location (****) dudit établissement minier est délivrée à l'impétrant sous le sceau du ministre des travaux publics (*****).

(*) Par décision du ministre des travaux publics du 7e jour du 2e mois de la 7e année Meiji (1874), la demande doit être adressée à son ministère et non à l'administration générale des mines.

(**) D'après une décision du ministre des travaux publics, du 2e jour du 8e mois de la 6e année Meiji (1873), le demandeur doit justifier, au moyen d'un certificat fourni par les autorités locales, qu'il dispose des capitaux nécessaires à l'exploitation de la mine.

Si l'on demande à exploiter un *mining sett* avant d'y avoir fait des travaux de recherche, ce qui est admis, on doit, en outre, envoyer avec sa demande, les échantillons mentionnés à l'article 6. (Décision du ministre des travaux publics du 5e jour du 11e mois de la 7e année Meiji (1874) qui fixe en outre le volume ou le poids de trois échantillons à envoyer.)

(***) Voir la note précédente.

(****) C'est le mot anglais *lease* que nous traduisons ainsi; notre mot *location* répond exactement à l'idée de la loi japonaise; on pourrait également dire *bail*.

(*****) D'après le modèle annexé à la circulaire du ministre des travaux pu-

Art. 11. La location d'un établissement minier est consentie pour quinze ans. A l'expiration de ce délai, s'il est désiré un renouvellement de bail, une nouvelle demande doit en être faite.

CHAPITRE IV.

Des galeries générales.

Art. 12. L'ouverture d'une galerie générale peut être autorisée alors même qu'elle doit sortir des limites de l'établissement minier. Avant qu'elle soit commencée, une demande doit être adressée à l'administration générale des mines, accompagnée d'un plan donnant tous les détails de l'entreprise projetée. Si la galerie doit, hors du périmètre de l'établissement minier originaire, passer dans celui d'un tiers, avis doit lui en être donné avant d'adresser la demande à l'administration. Toute galerie qui aurait moins de 9 pieds de haut sur 6 de large (2^m,743 sur 1^m,829), ne peut pas être qualifiée de *galerie générale*.

Art. 13. Un fonctionnaire de l'administration générale des mines, après inspection sur place, décide s'il est opportun d'accorder ou de refuser l'autorisation, qui est délivrée, s'il y a lieu, sous le sceau du ministre des travaux publics. Si l'impétrant, après avoir obtenu l'autorisation, désire faire un changement dans la direction ou la longueur de la galerie, il doit présenter une nouvelle demande à l'administration; à défaut il ne peut être autorisé à introduire aucune modification dans le plan primitif.

Art. 14. Aucun exploitant ne peut refuser à un tiers le droit d'ouvrir une galerie générale dans le champ de son établissement minier, à moins qu'il n'ait le capital nécessaire pour le faire lui-même. Aucun exploitant ne peut menacer la sécurité d'une galerie générale en s'en approchant, par ses travaux, à plus de 1 *ken* 1/2 (2^m,731) (*); à défaut, il doit immédiatement pourvoir lui-même, à ses frais, à l'entretien de la galerie de manière à la rétablir en parfaite sécurité.

---

blics du 14e jour du 12e mois de la 7e année Meiji (1874), l'administration peut accorder des *permis d'exploitation provisoires* qui permettent de commencer l'exploitation avant que la reconnaissance et la délimitation du *mining sett* définitif aient eu lieu. Ces *permis d'exploitation* pourraient être cédés à des tiers dans les mêmes conditions que les permis de recherche. (Voir note de l'article 5.)

(*) 1 *ken* = 1^m,8209.

Art. 15. Si un exploitant retire un avantage d'une galerie générale, il doit une indemnité à celui qui l'a entreprise. En cas de contestation sur le montant de cette indemnité, il sera statué par un fonctionnaire de l'administration des mines.

L'entrepreneur d'une galerie générale a le droit de réclamer tous les minerais abattus dans l'exécution de ce travail hors d'établissements miniers constitués ; mais la moitié de ceux trouvés dans un établissement appartiennent à son propriétaire.

CHAPITRE V.

Prescriptions générales sur l'exploitation.

Art. 16. Les travaux de mines doivent être conduits de manière à déterminer l'abandon du minimum des minerais utilisables, à l'exception des parties du gisement nécessaires pour le soutien et la sécurité de la mine. Toute infraction à cette règle ou tout acte fait pour diminuer la valeur de la mine sera puni d'une amende appropriée à la nature du dommage.

Art. 17. Dans la conduite des travaux de recherche ou des travaux de mines, ainsi que d'exécution de galerie générale, on doit soigneusement veiller à ne pas s'approcher des constructions, chemins de fer, rivières, routes, ou autres établissements analogues, de manière à risquer de les endommager ; on ne doit pas pousser les travaux à plus de 70 *ken* (128m,03) de tout fort ou forteresse. L'approche à une distance moindre d'un fort ou forteresse sans la permission de qui de droit sera punie des peines prévues dans la législation spéciale à la matière. Toute autre infraction aux présentes prescriptions, telle que l'approche des constructions, chemins de fer, rivières, etc., sans la permission ou le consentement de leurs propriétaires, sera punie d'une amende double du dommage occasionné, la moitié de cette amende devant être remise au propriétaire qui a subi le préjudice.

Art. 18. Toute personne trouvant dans ses travaux des substances utilisables d'une nature différente que celle pour laquelle une location lui a été accordée, doit en donner avis à l'administration générale des mines. A défaut, les substances nouvellement découvertes seront confisquées ou il sera imposé une amende équivalente à leur valeur.

Le cas prévu dans cet article arrivant, il sera perçu sur l'établissement minier une redevance plus élevée.

Art. 19. Tout exploitant doit envoyer deux fois l'an à l'admi-

nistration générale des mines, dans les 1er et 7e mois, un état indiquant pour le semestre écoulé : la quantité des substances extraites ; la quantité et la valeur des substances vendues ; le nombre de jours de travail ; le nombre d'ouvriers occupés.

En outre, pour les mines métallifères, il sera également adressé un état donnant le montant des minerais traités et, s'il s'agit d'un alliage, la proportion des métaux utiles dans ledit alliage.

Si la quantité des produits déclarée est diminuée ou si l'on n'envoie pas la déclaration à la date réglementaire, la personne responsable sera passible d'une amende de 50 *yen* (250 fr.) (*). Si ladite personne diminue la quantité ou la valeur des substances vendues elle sera passible d'une amende égale à trois fois le montant de la différence.

***Art.* 20. Le travail exécuté annuellement dans une mine ou sur d'anciens scoriaux devra être équivalent au minimum, par 500 *ken* carrés (**) (1.657^{mq},86), à celui que peut faire un bon travailleur pendant 300 jours (***). Si le montant du travail est inférieur et s'il n'est pas donné de justifications suffisantes à l'administration générale des mines, le droit d'exploitation sera retiré.**

***Art.* 21. Tout exploitant est tenu de faciliter l'aérage des mines voisines.**

Moyennant indemnité convenable, il doit permettre d'établir, dans son établissement minier, un passage souterrain pour les eaux comme aussi la construction des routes nécessaires à la surface. En cas de contestation, le montant de l'indemnité sera fixé par l'administration générale des mines. Les substances minérales utilisables abattues en construisant la galerie d'écoulement appartiennent au détenteur de l'établissement minier dans lequel elles se trouvent.

***Art.* 22. Moyennant payement au propriétaire superficiaire d'une indemnité appropriée, tout exploitant a le droit d'occuper dans le périmètre de son établissement minier les terrains nécessaires à la construction des magasins, des bureaux, des dépôts, des ateliers de préparation et de fusion, des routes et de toutes autres dépendances de l'exploitation de la mine. A défaut**

(*) 1 yen = 4 shillings = 5 francs.

(**) 1 ken carré = 3^{mq},31572.

(***) Ce qui revient à six ouvriers occupés annuellement d'une façon continue par hectare.

d'accord amiable entre le propriétaire superficiaire et l'exploitant, le terrain sera acheté par l'administration générale des mines ou les autorités locales au prix qu'elles considéreront convenable.

Art. 23. Tout exploitant doit indemniser les exploitants des mines voisines du dommage ou préjudice qu'il leur aurait occasionné (*).

En cas de contestation sur le montant de l'indemnité, elle sera fixée par l'administration générale des mines.

Art. 24. Si un exploitant veut transférer à un tiers son droit sur un établissement minier, les deux intéressés doivent au préalable en obtenir l'autorisation de l'administration générale des mines, à peine de confiscation du droit d'exploitation (**).

Art. 25. Au terme du bail consenti pour un établissement minier, en cas de déchéance encourue pour infraction à la loi, ou en cas d'abandon volontaire, la mine fait retour au Gouvernement libre et franche de toute charge de qui que ce soit. Le Gouvernement entre en possession de tous les ouvrages souterrains. Le dernier détenteur a le droit d'enlever de la surface toutes constructions, etc.; mais il doit laisser le sol en bon état.

Art. 26. Tout exploitant est réputé habitant du district dans les limites duquel se trouve son établissement minier et il est soumis à ce titre aux autorités locales.

CHAPITRE VI.

De l'abandon des établissements miniers.

Art. 27. L'explorateur ou l'exploitant qui abandonne volontairement ses travaux, doit clore et défendre par une barrière l'orifice des puits. Un fonctionnaire de l'administration générale des mines devra examiner sur place si l'orifice est convenablement fermé et si les travaux sont laissés dans un état convenable. A défaut, l'explorateur ou l'exploitant sera puni d'une amende

(*) Suivant décision du ministre des travaux publics, du 28e jour du 10e mois de la 8e année Meiji (1875), on doit laisser entre les travaux de deux mines voisines un massif intact de protection de 10 *ken* au moins (18m,209).

(**) Suivant décision du ministre des travaux publics, du 29e jour du 3e mois de la 7e année Meiji (1874), le concessionnaire ne peut acquérir le bail que pour la durée restant à courir; le concessionnaire reçoit de l'administration, si elle approuve la cession, un nouveau titre en remplacement du titre originaire qui a dû être retourné en même temps que la requête à fin de cession lui a été présentée.

double du montant des dépenses que l'administration générale des mines devra supporter pour mettre les travaux en état (*).

Art. 28. Les exploitants se conformeront, en ce qui concerne l'épuisement, aux instructions qui pourraient leur être données par l'administration générale des mines. Si elles ne sont pas exécutées et s'il en résulte pour la mine des dommages irrépables, le droit d'exploiter sera retiré.

CHAPITRE VII.

Sur l'établissement des usines pour le traitement des minerais ou des substances minérales.

Art. 29. L'exploitant qui désire établir des usines pour traiter ou fondre des substances métallifères hors du périmètre de son établissement minier, doit au préalable en solliciter et obtenir la permission de l'administration générale des mines.

Art. 30. Des établissements pour le raffinage de substances marchandes obtenues par traitement ou fusion (comme pour le raffinage du cuivre brut, la séparation de l'or et de l'argent, etc.), peuvent être entrepris par toute personne à la condition d'adresser semestriellement à l'administration générale des mines un état donnant les quantités traitées et les produits obtenus.

CHAPITRE VIII.

Des redevances de mines.

Art. 31. Par chaque 500 *ken* carrés (1.657^{mq},86) contenus dans un établissement minier produisant des substances métallifères autres que le fer, il sera payé annuellement à l'administration générale des mines (**), dans le premier mois de chaque année,

---

(*) La circulaire du ministre des travaux publics, du 17e jour du 10e mois de la 9e année Meiji (1876) semble impliquer que l'abandon de ses travaux par l'explorateur ou l'exploitant ne peut avoir lieu sans une déclaration préalable adressée par lui aux autorités locales pour que celles-ci puissent prendre à temps les mesures nécessaires; la circulaire subséquente du 20e jour du 12e mois de la 9e année Meiji (1876) indique que l'explorateur ou l'exploitant doit obtenir une autorisation des autorités locales pour abandonner ses travaux.

(**) Suivant décision du ministre des travaux publics, du 7e jour du 2e mois de la 7e année Meiji (1874) les redevances doivent être désormais perçues par les autorités locales et transmises par elles à l'administration générale des mines; puis ultérieurement il a été décidé qu'elles seraient transmises au ministre des travaux publics (1876).

une taxe de un *yen* (5 francs) qui sera distincte de l'impôt foncier (*).

Cette taxe sera réduite à moitié pour les établissements miniers produisant du fer ou des substances non métallifères (*).

Si l'exploitation porte sur de vieux scoriaux la même taxe sera perçue sur une surface double soit de 1.000 *ken* carrés (3.315^{mq},72) (**).

Pour des établissements miniers ou des scoriaux d'étendue moins grande que celles précitées, la redevance fixe annuelle sera réduite en proportion. Une réduction analogue de la redevance fixe annuelle sera faite eu égard à la date de l'année à laquelle le droit d'exploiter aura été accordé.

Outre la redevance fixe, il sera perçu une taxe de 20 à 30 p. 100 de la valeur de toutes les substances minérales, métallifères ou non, extraites d'un établissement minier (**), payable en deux versements dans le 1er et 7e mois de chaque année. Le montant de la redevance proportionnelle sera fixé par l'administration générale des mines d'après les conditions de la mine dans chaque cas.

Art. 32. Si l'explorateur, l'exploitant ou l'entrepreneur de la construction d'une galerie générale refuse ou est incapable de payer les redevances ou toute amende à lui infligée, une portion ou, en cas de besoin, la totalité de la partie mobilière de sa propriété minière sera vendue publiquement par l'administration générale des mines. Sur le produit de la vente, l'administration retiendra le montant qui lui est dû et le restant sera rendu au propriétaire.

Art. 33. Les infractions à la loi des mines seront punies par des amendes infligées par l'administration générale des mines en proportion avec la gravité du délit (***). Les accidents ayant entraîné mort d'homme par négligence dans la conduite des travaux seront soumis à la loi commune du Japon.

La loi constituée par les articles précédents entrera en vigueur le 1er jour du 9e mois de la 6e année du Meiji (1873).

(*) Ces redevances fixes équivalent à des taxes de 30 francs par hectare pour les mines métallifères autres que celles de fer et de 15 francs par hectare pour toutes autres mines et pour les vieux scoriaux.

(**) Par décision du premier ministre, en date du 13e jour du 1er mois de la 8e année Meiji (1875), le gouvernement a renoncé à percevoir jusqu'à avis ultérieur cette taxe sur le produit brut, qui était, en effet, exorbitante.

(***) Les articles où il est prévu explicitement, comme sanction, des amendes à infliger par la voie administrative sont les art. 6, 16, 17, 19 et 27.

Annexe à la loi des mines (*).

Les personnes engagées dans l'exploitation des mines ou le traitement des substances minérales qui désirent engager des ingénieurs étrangers dans le but d'introduire les sciences et arts étrangers dans leurs établissements, doivent, à l'effet d'obtenir la permission de passer de tels engagements, adresser à l'administration générale des mines un extrait de la convention qui indiquera en détail les qualités de l'ingénieur, le traitement et les conditions de l'engagement. L'ingénieur ainsi engagé ne doit avoir aucun intérêt dans les profits et pertes de l'entreprise, ni aucun droit à prétendre sur ses produits ou sur la propriété de son employeur. Si ces prescriptions sont observées, un pareil engagement ne sera pas considéré comme une contravention aux prohibitions contenues dans l'article 4 de la présente loi (**).

(*) Cette annexe suit le texte officiel de la loi et en fait partie intégrante.

(**) Plusieurs circulaires ministérielles avaient renforcé les prescriptions ci-dessus, en exigeant notamment que l'engagement, avant d'être conclu et de devenir parfait entre parties, fut communiqué, pour être approuvé par lui, au ministre des affaires étrangères. Une circulaire du 6e jour du 3e mois de la 10e année Meiji (1877) se borne à exiger communication des termes et conditions de l'engagement; l'étranger doit, en outre, adresser au ministre des travaux publics une déclaration certifiant qu'il n'est pas intéressé dans les profits et pertes de l'entreprise, et que ses appointements ou les prêts qu'il pourrait faire ne seront en aucune manière gagés ni sur la mine, ni sur ses produits, ni sur son outillage, ni sur quoi que ce soit se rapportant à l'entreprise.

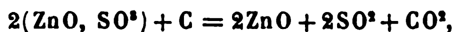
NOTICE
SUR LE GRILLAGE DE LA BLENDE

Par P. MAHLER, ingénieur civil des mines.

I
LE GRILLAGE DE LA BLENDE.

Les notes qui suivent ont été prises en Allemagne, en Suède et en Belgique, pendant l'été de 1883; elles peuvent donner une idée de la situation actuelle de cette partie de la métallurgie du zinc.

Le rendement en zinc de la blende, au four de réduction, dépend essentiellement du soin apporté au grillage, dans certaines limites du moins. La plupart des métallurgistes considèrent comme perdue toute trace de zinc qui entre dans les creusets, soit à l'état de sulfure, soit à l'état de sulfate. Le sulfure de zinc est, en effet, irréductible par le charbon, à la température des fours employés dans l'industrie. D'autre part, le sulfate peut, à la rigueur, abandonner son acide sulfurique, comme l'indique la réaction suivante :



$$2(ZnO, SO^3) + C = 2ZnO + 2SO^2 + CO^2,$$

mais, cette réaction n'a lieu qu'aux environs du rouge sombre; à une température plus élevée, le sulfate se transformera, au contraire, en sulfure irréductible. De plus, on admet que toute quantité un peu notable de soufre, introduite dans les creusets, augmente notable-

ment la corrosion qu'ils subissent, et réduit par suite leur durée.

Pour obtenir une désulfuration complète du minerai, il faut commencer par broyer finement celui-ci. A Oberhausen, à Flône, on le réduit en sable à l'aide de cylindres; puis, on le crible dans des trommels présentant des trous de $0^m,002$ de diamètre. On procède alors à un grillage lent, sur la sole d'un four à réverbère. Pendant cette opération, l'ouvrier doit chercher à expulser la majeure partie du soufre, à la plus basse température possible. Il est inutile d'insister sur les détails de ce travail bien connu et décrit dans tous les traités de métallurgie (*).

On a toujours quelque difficulté à constater si le grillage est suffisant. Quand la matière prise sur une pelle ne fume plus, l'ouvrier considère, mais souvent à tort, l'opération comme terminée. Il est préférable d'extraire du four un peu de minerai et de l'écraser. Les morceaux ainsi écrasés présentent-ils une couleur blanche et sont-ils suffisamment friables, le grillage est bon. Si, au contraire, ces fragments sont d'un jaune un peu verdâtre, le grillage doit être continué et l'intensité du feu augmentée. Néanmoins, l'essai très simple dont je viens de parler, le seul à la disposition de l'ouvrier, est très fréquemment en défaut. Le dosage du soufre, opéré sur le minerai au sortir du four, ne donne guère de résultats pratiques. Dans le cas d'un grillage imparfait, il faudrait reporter la matière sur la sole et la griller à nouveau; les frais seraient presque doublés et l'amélioration du rendement ne compenserait certainement pas ce grave inconvénient.

L'essai suivant donne de bons résultats et est pratiqué dans un grand nombre d'usines. Avant de défourner, on prélève une prise d'essai sur la blende grillée, on la mélange avec du fer métallique, et l'on met le tout dans un

(*) Voir aussi la *Berg- und hüttenmännische Zeitung*, 1876, p. 153.

tube à essais, où l'on verse quelques gouttes d'acide chlorhydrique. On obtient ainsi un dégagement plus ou moins intense d'hydrogène sulfuré, suivant la quantité de sulfure contenu dans le minerai. Au moyen d'un papier imprégné d'acétate de plomb, il est facile de constater la présence de ce gaz, et même d'apprécier approximativement la proportion de soufre retenue dans le miner aigrillé.

Lorsque l'on veut évaluer la quantité de sulfate non décomposée, on épuise un peu de minerai par l'eau chaude et on prend la densité de la liqueur à l'aide d'un pèse-sels.

II

FOURS EN USAGE POUR LE GRILLAGE DE LA BLENDE

Usines d'Oberhausen (*) et d'Ammeberg.

Les fours à deux soles, dits silésiens, et le four de M. Hasenclever sont les plus ordinairement employés pour le grillage de la blende. L'usine d'Oberhausen possède des fours de ces deux modèles; à Ammeberg, on emploie spécialement le four silésien, mais avec addition d'une chauffe spéciale que nous décrirons plus loin.

Fours silésiens d'Oberhausen. — Les fours silésiens d'Oberhausen ont les dimensions suivantes :

Section de la grille		0m,40 sur 2m,00
Longueur moyenne des soles		6,50
Largeur — —		2,00
Hauteur de la voûte au-dessus de la sole	supérieure	0,60
	inférieure	0,50

(*) L'usine d'Oberhausen appartient à la Société de la Vieille-Montagne. La blende qu'on y traite provient principalement de mines situées sur les bords du Rhin. Le minerai grillé est ensuite fondu à Borbec, près Essen. Les trains de laminoirs, établis à Oberhausen, complètent cet important ensemble industriel.

La Société de la Vieille-Montagne exploite, en Suède, les beaux gisements d'Ammeberg, au nord du lac Wetter.

On passe dans ces fours, par 24 heures, 3 tonnes de minerai. La consommation sur la grille est de 600 à 700 kilogr. de houille menue, grasse, à 11 p. 100 de cendres (*). La perte en zinc ne dépasse pas 0,75 p. 100.

Cette perte est due surtout à l'entraînement du minerai pulvérulent par les gaz. On trouve, en effet, dans les conduites et au bas de la cheminée, des poussières, où une analyse a constaté 29,25 p. 100 d'oxyde de zinc.

Plus le minerai est broyé fin, plus le grillage s'effectue d'une manière satisfaisante. Pour se rendre compte du plus ou moins de perfection du travail, il faut tenir compte non seulement de la dimension du grain, mais encore de l'influence de la galène, qui accompagne toujours la blende. M. Welter, ingénieur à Oberhausen, m'a communiqué les chiffres suivants, qui donnent une idée assez précise des résultats obtenus au four silésien :

Minerai de Steinbrück (Prusse Rhénane).

	ROCHE.	GRENAILLES.	SCHLICHS.	SCHLAMMS.
Plomb, p. 100..........	0,95	4,30	2,82	2,65
Zinc, — avant grillage.	56,40	48,18	44,08	42,24
— — après grillage.	62,48	52,88	49,28	45,58
Soufre, — avant grillage.	26,00	25,00	25,00	25,00
— — après grillage.	0,57	0,58	0,83	0,66

Les minerais en roche sont broyés à Oberhausen. Les grenailles, les schlichs et les schlamms proviennent de la préparation mécanique de Bensberg, dans la Prusse rhénane.

Fours d'Ammeberg. — Les fours silésiens d'Ammeberg ont été construits en vue de traiter un minerai à

(*) A Flône, en Belgique, on charge, par 24 heures, 2t,850 de blende, dans des fours qui ont les mêmes dimensions que ceux d'Oberhausen, et on ne consomme, paraît-il, que 500 kilogrammes de houille.

gangue feldspathique, très difficile à griller. En effet, plusieurs géologues regardent avec raison le minerai d'Ammeberg comme une granulite, où le zinc sulfuré jouerait le rôle de mica. La gangue est donc intimement mélangée avec la blende, et pour peu que la température du four s'élève, le feldspath fond, et donne avec le zinc un verre irréductible par le charbon. Notons, cependant, que le grillage est un peu facilité par les nombreux broyages auquel on soumet la blende pendant la préparation mécanique (*). Enfin, il était important, à Ammeberg, de restreindre le plus possible la consommation du charbon, dont le prix est assez élevé en Suède.

Les figures 1, 2 et 3 de la planche XII montrent la disposition adoptée pour satisfaire à ces diverses conditions. La chauffe de chaque four est un petit gazogène à section rectangulaire, muni d'une grille à gradins, et soufflé au moyen d'un injecteur Kœrting. Les gaz, sortant du foyer, s'enflamment au contact de l'air qui pénètre dans le four par des carneaux ménagés dans l'autel. Les soles sont disposées comme celles des fours silésiens ordinaires.

Dans les fours d'Ammeberg, on charge, par 24 heures, $3^t,100$ de blende, et on retire $2^t,285$ de matière grillée. La consommation en combustible ne dépasse pas $0^t,545$ de houille menue, pour $3^t,100$ de minerai cru. Dix hommes, en deux postes de 12 heures, assurent le travail d'un massif de 4 fours.

Les frais de grillage, à Ammeberg, varient de 8 à 10 francs, par tonne de blende lavée. Les résultats sont satisfaisants au point de vue de la perfection du grillage, car le minerai grillé ne contient que de 1,20 à 1,25 p. 100 de soufre.

Fours Hasenclever. — Les fours Hasenclever, en

(*) Voir la notice de M. Oppermann (*Annales des mines*, 7e sér., t. XI, p. 261, 1877).

usage à Oberhausen, sont dits à moufle et à plan incliné. Ils sont conformes au modèle décrit dès 1872, dans le journal de la Société des ingénieurs allemands (*), et employé à Stollberg et à Schoppinitz. Leurs dimensions principales sont les suivantes :

Section du gazogène	0m,60 sur	1m,80
Surface du moufle	1,80 —	7,50
— de la sole	1,80 —	5,70
— du plan incliné	1,80 —	10,00

En construisant un appareil propre à la production des gaz riches en acide sulfureux, M. Hasenclever a réalisé un four excellent pour le grillage de la blende. Aussi, à Oberhausen, passe-t-on au four Hasenclever le minerai en roche d'Ammeberg, minerai fort dur à griller, pour les raisons indiquées précédemment. Malgré la présence du feldspath, le travail se fait très bien au four à moufle; l'expulsion du soufre s'effectue presque complètement à une température peu élevée et il n'est pas nécessaire de terminer l'opération par un coup de feu long et énergique, comme on est ordinairement obligé de le faire dans le traitement au réverbère. Les recherches analytiques de M. Welter paraissent confirmer les indications fournies par les résultats pratiques.

	SOUFRE p. 100.
Blende au début du grillage	26,44
— au bas du plan incliné (rouge)	8,20
— à la sortie du moufle (rouge vif)	6,20
— à la fin du grillage	0,55

La teneur en soufre de la roche d'Ammeberg au sortir du four Hasenclever variait, au mois d'août 1883, de 1,30 à 0,55 p. 100; cette teneur restait comprise entre 1,32 et 1,40 p. 100 pour la même blende passée au four silésien. A Oberhausen, on passe, par 24 heures, dans le

(*) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1872, p. 505.

four Hasenclever, 3t,500 de minerai, et on consomme environ 1t,050 de houille. La consommation en combustible est, par conséquent, plus élevée que dans les fours à double sole, ce qui compense, jusqu'à un certain point, les avantages résultant de l'amélioration du grillage. Le travail de deux fours exige la présence de 5 ouvriers. Les gaz produits par le grillage de la blende contiennent de 6 à 5 p. 100 d'acide sulfureux. Ils sont convertis en acide sulfurique par la société « Rhénania », qui a installé des chambres de plomb près de l'usine à zinc. On utilise ainsi 50 p. 100 du soufre contenu dans le minerai.

Les fours Hasenclever donnent, en résumé, d'assez bons résultats, mais le travail en est plus dispendieux que celui des fours silésiens. Le grillage d'une tonne de blende coûte de 7 à 8 francs au four silésien; au four Hasenclever, on dépense au moins 12 francs, pour traiter la même quantité de minerai.

Il convient de retrancher environ 2 francs des frais de grillage du four à moufle, pour tenir compte de l'utilisation des gaz sulfureux. Mais on voit que, malgré tout, les frais de grillage restent plus élevés dans cet appareil que dans le four silésien. L'emploi du four Hasenclever n'est donc pas précisément avantageux. La main-d'œuvre employée est trop considérable. Pour la diminuer, les ingénieurs d'Oberhausen ont établi dernièrement des râbles automatiques dans un de leurs fours Hasenclever. Ce râblage permet de supprimer l'ouvrier chargé de surveiller la descente de la blende sur le plan incliné; il réalise une économie sensible.

Fours à râblage rotatif (*). — A l'époque où j'ai visité l'usine d'Oberhausen, MM. Ross et Welter essayaient deux nouveaux fours destinés à remplacer, dans un

(*) Voir aussi la *Berg- und hüttenmännische Zeitung* (janv. 1884).

avenir plus ou moins éloigné, le four silésien et le four Hasenclever.

1° Dans le premier modèle de four, construit par MM. Ross et Welter, les produits de la combustion restent en contact avec la blende, et les gaz sulfureux ne peuvent par suite être utilisés. Ce four est représenté Pl. XII, *fig.* 4 et 5. Il se compose d'une longue sole C, près du foyer, et de deux soles plus petites superposées, A et B. Le minerai, distribué par un cylindre cannelé (comme dans le four Gerstenhöfer) sur la sole A, tombe ensuite sur la sole B, et reçoit enfin le coup de feu près du foyer. Les râbles sont disposés comme l'indique la figure, et tournent à raison de un tour par minute. Leur mouvement est commandé par un axe vertical formé de deux parties : un manchon extérieur, en fer, auquel sont reliés les râbles, et un arbre intérieur creux, en fonte, mis en rotation à l'aide d'engrenages. Cette disposition a pour but de créer, dans l'axe exposé à la forte chaleur du four, un courant d'air, qui abaisse sa température et l'empêche ainsi de subir une destruction trop rapide.

Le four de MM. Ross et Welter reçoit, par 24 heures, 3 tonnes de minerai et consomme $0^t,750$ de houille, sa surface de chauffe est de $1^{mq},40$; sa surface chauffée est de 22 mètres carrés. Un seul ouvrier suffit pour le conduire.

2° Le second modèle de four est du système Haas. Le croquis de la planche XII, figures 6 et 7, en donne une idée. Ce four est destiné à griller la blende, tout en produisant des gaz contenant 6 à 7 p. 100 d'acide sulfureux. Aussi, comme dans le four Hasenclever, le minerai est-il isolé des produits de la combustion de la houille, excepté au moment du coup de feu.

Le nouveau réverbère présente 3 soles, K, K', K'', superposées, avec râblage rotatif, un moufle M et une sole N, en contact avec la flamme. Les produits de la

combustion de la houille suivent le chemin indiqué par les flèches N, S, S′, S″, S‴. Les gaz sulfureux sortent par une ouverture figurée en K. Le four de M. Haas donne des résultats comparables à ceux auxquels on arrive en se servant du four Hasenclever, mais avec une économie sensible de main-d'œuvre et de combustible. La charge et la consommation de ce four, en main-d'œuvre et en combustible, sont les mêmes que pour le four précédemment décrit. En août 1883, époque de ma visite à Oberhausen, ce four n'était pas encore en marche, mais on pouvait prévoir qu'il y aurait équivalence avec les fours silésiens, au point de vue économique, en tenant compte du prix payé par la Rhénania pour la condensation de l'acide sulfureux. On espère, du reste, avec le four Haas, arriver à convertir en acide sulfurique au moins 60 p. 100 du soufre contenu dans la blende.

Comme l'absorption des gaz sulfureux, dégagés par le grillage, s'impose de plus en plus, je pense que le four de M. Haas ne tardera pas à se répandre dans les usines à zinc.

Les fours que je viens de passer en revue ne sont pas les seuls en usage pour le grillage de la blende. Je citerai encore le four à moufles de la Rhénania (*Gefassofen*) et le four de MM. Eichorn et Liebig. Mais je n'ai pas eu l'occasion de me rendre compte par moi-même du fonctionnement de ces appareils; je me bornerai donc à renvoyer ceux qui voudraient s'en faire une idée, aux articles publiés sur ce sujet dans la *Berg- und hüttenmännnische Zeitung* (*).

Décembre 1884.

(*) 1871, p. 182; 1884, p. 5.

THÉORIE DES APPAREILS

EMPLOYÉS

AU LAVAGE DES MATIÈRES MINÉRALES

Par M. A. BADOUREAU, ingénieur des mines.

Introduction.

Les appareils employés au lavage des matières minérales peuvent être très différents, mais tous ces appareils reposent sur ce principe unique, qué les forces qui agissent sur une grenaille placée au sein de l'eau dépendent, suivant des lois différentes, de sa grosseur et de sa densité.

Si on appelle a^2 la surface de la projection horizontale de la grenaille, D sa densité, et K un coefficient relatif à sa forme, sa masse est $\frac{Ka^2D}{g}$, et son poids dans l'eau est $Ka^2(D-1)$. Si elle repose sur une surface horizontale solide, elle y éprouve un frottement, $fKa^2(D-1)$ dirigé en sens inverse du mouvement. L'impulsion ou la résistance de l'eau est une force $K_1a^2u^2$ dirigée en sens inverse de la vitesse u du mouvement relatif de la grenaille par rapport à l'eau, en appelant K_1 un autre coefficient relatif à la forme.

Nous allons étudier, dans quelques cas simples, les mouvements que ces forces communiquent à la grenaille,

et nous donnerons ainsi la théorie des divers appareils de lavage. La théorie de quelques-uns de ces appareils a été donnée, en 1871, par M. Henry, ingénieur des mines, dans un excellent mémoire inséré aux *Annales*. Nous avons cru toutefois devoir modifier celle de la table de Rittinger (*). La théorie du laveur Bazin, à force centrifuge, a été donnée par M. Moreau, dans le *Génie civil* (**), et elle vient d'être remaniée par M. Haton de la Goupillière (***). Nous avons réuni le tout ensemble pour présenter une théorie à peu près complète des appareils de lavage.

Avant de commencer cette étude, nous devons remercier M. Haton de la Goupillière, inspecteur général des mines, de la bienveillance extrême avec laquelle il nous a donné des conseils sur les diverses parties de ce mémoire.

I. *Chute dans de l'eau en repos.*

Si on abandonne une grenaille sans vitesse dans de l'eau en repos, elle prend, ainsi qu'on le sait, une vitesse verticale $u = B\frac{e^{At}-1}{e^{At}+1}$, qui approche rapidement de la valeur $B = \sqrt{\frac{Ka(D-1)}{K_1}}$ qu'elle prend pour $t = \infty$.

Si on fait tomber simultanément dans l'eau des grenailles dont les formes soient semblables et semblablement placées, la vitesse limite uniforme de chute est la même pour toutes les grenailles pour lesquelles la fonction $a(D-1)$ a la même valeur. Certains morceaux gros et légers tombent aussi vite que d'autres morceaux petits et lourds. On dit qu'ils leur sont équivalents, mais

(*) Henry, *Annales des mines*, 6ᵉ sér., t. XIX, p. 364.
(**) *Génie civil*, t. III, p. 190.
(***) Haton de la Goupillière, *Cours d'exploitation des mines*, t. II, p. 784.

on devrait plutôt dire qu'ils leur sont *équichutables*. Ce mot serait la traduction littérale de *gleichfällig*.

La vitesse limite de chute est obtenue par une accélération $\frac{du}{dt} = \frac{gK_1}{KaD}(B^2 - u^2)$, d'autant plus grande que a et D sont plus petits. Elle est donc atteinte d'autant plus vite que les grenailles sont plus fines et plus légères.

II. *Premiers instants de la chute dans de l'eau en repos.*

Si on arrête la chute après un temps très court, tel que un dixième de seconde, u est très petit, et si on le néglige, l'équation différentielle se simplifie et devient :

$$\frac{du}{dt} = g\left(1 - \frac{1}{D}\right).$$

Il en résulte que dans ce cas les grenailles se classent non plus par équivalence, mais par densité.

III. *Chute dans de l'eau animée d'une vitesse de bas en haut.*

Si on abandonne une grenaille sans vitesse dans de l'eau animée d'une vitesse u de bas en haut, elle tombe avec une vitesse v sous l'influence d'une force

$$Ka^3(D-1) - K_1a^2(u+v)^2.$$

Les grenailles pour lesquelles $a(D-1) > \frac{K_1u^2}{K}$ sont les seules qui commencent à tomber. La force qui les fait tomber est positive, et le mouvement s'accélère tant que $v < \sqrt{\frac{Ka(D-1)}{K_1}} - u$. La vitesse limite uniforme de chute des grains gros et lourds, est d'autant plus grande qu'ils sont plus gros et plus lourds.

Les grenailles pour lesquelles $a(D-1) < \frac{K_1 u^2}{K}$ montent au contraire avec une vitesse v' sous l'influence d'une force $K_1 a^2(u-v')^2 - Ka^3(D-1)$. Cette force est positive et le mouvement s'accélère tant que $v' < u - \sqrt{\frac{Ka(D-1)}{K_1}}$. La vitesse limite uniforme d'ascension des grains fins et légers est d'autant plus grande qu'ils sont plus fins et plus légers.

IV. *Chute dans de l'eau animée d'une vitesse horizontale.*

Si on abandonne sans vitesse une grenaille à une hauteur h dans de l'eau animée d'une vitesse horizontale v_0, elle lui communique, un mouvement horizontal dont l'équation différentielle est la suivante :

$$\frac{Ka^3 D}{g}\frac{dv}{dt} = K_2 a^2 (v_0 - v)^2,$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{gK_2}{KaD}(v_0 - v)^2,$$

L'accélération, positive tant que v est plus petit que v_0, est d'autant plus grande que a et D sont plus petits. En intégrant il vient :

$$\frac{1}{v_0 - v} - \frac{1}{v_0} = \frac{gK_2 t}{KaD},$$

$$v = v_0 - \frac{v_0 K ad}{v_0 g K_2 t + KaD} = \frac{gK_2 v_0^2}{KaD}t - \frac{g^2 K_2^2 v_0^3}{K^2 a^2 D^2}t^2 + \dots$$

Cette vitesse tend vers la valeur uniforme v_0, et elle est dans les premiers instants approximativement égale à $\frac{gK_2 v_0^2 t}{KaD}$.

La vitesse de chute tend vers la valeur uniforme $\sqrt{\frac{Ka(D-1)}{K_1}}$ et elle est, dans les premiers instants, ap-

proximativement égale à $gt\left(1 - \frac{1}{D}\right)$. Il en résulte que la trajectoire fait d'abord avec l'horizontale un angle dont la tangente est $\frac{Ka(D-1)}{K_1 v_0^2}$, puis, qu'elle devient à peu près rectiligne en faisant avec l'horizontale un angle dont la tangente est $\sqrt{\frac{Ka(D-1)}{K_1 v_0^2}}$.

Cette trajectoire MP′ (*fig.* 9, Pl. XII) diffère peu d'une droite MP, qui partirait du point M et qui toucherait le fond à la distance $hv_0\sqrt{\frac{K_1}{Ka(D-1)}}$.

Cette distance est proportionnelle à h, et en raison inverse de la racine carrée du coefficient d'équivalence. Les grenailles déposées à une même hauteur h se classeront sur le fond d'après l'équivalence en occupant un espace proportionnel à h. Si on dépose des grenailles à toutes les hauteurs comprises entre 0 et H, le dépôt qui se fera en tête sera plus riche en morceaux gros et lourds que celui qui se fera au pied.

Si les grenailles déposées dans le courant ont de suite la vitesse horizontale de ce courant, il n'y a presque rien de changé dans ce qui précède. Seulement la trajectoire MP″ a une tangente horizontale en M et est située de l'autre côté de la droite que nous lui substituons.

V. *Chute d'une grenaille placée en repos à une petite hauteur au-dessus d'une table horizontale dans un faible courant d'eau.*

Si une grenaille est placée sur une table au-dessus de laquelle passe un courant d'eau, dont la vitesse est insuffisante pour la déplacer malgré le frottement, et si on la soulève à une très faible hauteur h, elle tombera avec une accélération approximativement égale à

$g\left(1-\frac{1}{D}\right)$, et se déplacera horizontalement avec une accélération approximativement égale à $\frac{gK_2v_0^2}{KaD}$. Elle mettra à tomber un temps $t=\sqrt{\frac{2hD}{g(D-1)}}$ et parcourra pendant ce temps un espace $\frac{v_0^2K_2h}{Ka(D-1)}$.

Si on répète un certain nombre de fois cette opération, la grenaille parcourra un chemin $\frac{v_0^2K_2\Sigma h}{Ka(D-1)}$. Comme Σh est sensiblement le même pour toutes les grenailles, elles se classeront sur la table par équivalence.

VI. *Mouvement communiqué sur une table par un courant d'eau.*

Si on abandonne sans vitesse une grenaille sur une table horizontale au-dessus de laquelle passe un courant d'eau de vitesse v_0 assez grande pour la déplacer malgré le frottement, la grenaille prend un mouvement accéléré, qui devient uniforme quand le frottement $fKa^3(D-1)$ fait équilibre à la force impulsive de l'eau $K_2a^2(v_0-v)^2$, c'est-à-dire quand la vitesse atteint la valeur $v_0-\sqrt{\frac{fKa(D-1)}{K_2}}$.

Cette valeur limite que les grenailles atteignent rapidement est la même pour toutes les grenailles équivalentes.

VII. *Mouvement communiqué sur une table à sec par une secousse.*

Si on place une grenaille sur une table horizontale, qu'on déplace la table comme un pendule de sa position

d'équilibre, qu'on l'y laisse revenir par son poids, et qu'au moment où elle y revient avec une vitesse v_0, on l'arrête par un choc, la grenaille, qui avait aussi la vitesse v_0, continuera son chemin malgré le frottement et on aura l'équation différentielle $\frac{Ka^3D}{g}\frac{dv}{dt} = -fKa^3D$, d'où $v = v_0 - fgt$. La grenaille s'arrêtera au bout du temps $\frac{v_0}{fg}$, quand elle aura parcouru un espace $\frac{v_0^2}{2fg}$, le même pour toutes les grenailles qui ont un même coefficient de frottement.

VIII. *Mouvement communiqué dans l'eau sur une table par une secousse.*

Si la table est recouverte d'eau, on peut admettre que les secousses de la table ne se transmettent pas à l'eau qui frotte peu. Le frottement de la grenaille sur la table est $fKa^3(D-1)$ et la résistance de l'eau immobile est $K_2a^2v^2$

$$\frac{Ka^3D}{g}\frac{dv}{dt} = -fKa^3(D-1) - K_2a^2v^2.$$

Cette équation différentielle, intégrée deux fois, donne l'espace parcouru depuis le choc jusqu'à l'arrêt. Mais le calcul est trop long, et nous allons indiquer une méthode plus simple, quoique peu naturelle, qui donne le même résultat. Multiplions les deux membres de l'équation différentielle par le facteur

$$-\frac{2K_2gvdt}{Ka^3D[fKa(D-1)+K_2v^2]},$$

et remplaçons dans le second membre vdt par dx :

$$-\frac{2K_2vdv}{fKa(D-1)+K_2v^2} = \frac{2K_2g}{KaD}dx.$$

Intégrons depuis le choc jusqu'à l'arrêt

$$-l[f\mathrm{K}a(\mathrm{D}-1)]+l[f\mathrm{K}a(\mathrm{D}-1)+\mathrm{K}_2v_0^2]=\frac{2\mathrm{K}_2g}{\mathrm{K}a\mathrm{D}}x,$$

$$x=\frac{\mathrm{K}ad}{2\mathrm{K}_2g}l\left[1+\frac{\mathrm{K}_2v_0^2}{f\mathrm{K}a(\mathrm{D}-1)}\right].$$

Cet espace dépend de a et de D.

Quand a est très petit, la valeur approximative du logarithme est $l\frac{1}{a}$. Les schlamms sont projetés à une distance approximative $x=\frac{\mathrm{K}a\mathrm{D}}{2\mathrm{K}_2g}l\frac{1}{a}$. Les plus lourds sont projetés le plus loin, et ils sont arrêtés principalement par la résistance de l'eau.

Quand a est grand, la valeur approximative du logarithme est $\frac{\mathrm{K}_2v_0^2}{f\mathrm{K}a(\mathrm{D}-1)}$. Les grenailles sont projetées à une distance approximative $x=\frac{v_0^2}{2fg\left(1-\frac{1}{\mathrm{D}}\right)}$. Les plus légères sont projetées le plus loin, et elles sont arrêtées principalement par le frottement.

IX. *Mouvement communiqué par de l'eau coulant sur une table inclinée.*

Si on abandonne une grenaille sur une table inclinée d'un angle α sur laquelle descend un courant d'eau, elle est soumise à son poids dans l'eau $\mathrm{K}a^3(\mathrm{D}-1)$, dont la composante dans le plan de la table est $\mathrm{K}a^3(\mathrm{D}-1)\sin\alpha$, au frottement $f\mathrm{K}a^3(\mathrm{D}-1)\cos\alpha$, et à la force d'impulsion de l'eau. Les deux premières forces lui communiquent une accélération constante $g\left(1-\frac{1}{\mathrm{D}}\right)(\sin\alpha-f\cos\alpha)$ d'autant plus grande qu'elle est plus lourde.

La vitesse V de l'eau et la vitesse v de la grenaille seraient égales en chaque point si on négligeait le frotte-

ment. Mais comme le frottement est grand pour la grenaille, et négligeable pour l'eau, V est plus grand que v. L'impulsion de l'eau communique à la grenaille une accélération $\frac{gK_2(V-v)^2}{KaD}$ positive tant que $v < V$, et d'autant plus grande qu'elle est plus fine et plus légère. Les schlamms fins et légers acquièrent très vite une vitesse de descente presque égale à celle de l'eau $V = g \sin \alpha t$.

X. *Mouvement communiqué à des schlamms par de l'eau coulant sur une table faiblement inclinée, animée de secousses dans le sens de sa plus grande pente.*

Supposons des schlamms placés sur une table assez peu inclinée pour que leur poids aidé de l'impulsion de l'eau ne puisse pas vaincre le frottement. Déplaçons la table de sa position d'équilibre dans la direction et le sens de sa plus grande pente descendante, faisons-l'y revenir par son poids ou par un ressort, et, au moment où elle y revient, arrêtons-la par un choc. Un grain de schlamm posé sur cette table et qui a, au moment du choc, une vitesse absolue v_0 dans le sens de la plus grande pente ascendante continuera à monter sur cette ligne de plus grande pente. Le frottement est détruit si le grain de schlamm est remis en suspension par le choc. La composante du poids suivant la ligne de plus grande pente est négligeable. Comme la vitesse de la grenaille est faible et comme le déplacement de la table n'altère pas sensiblement la vitesse V de descente de l'eau, la résistance de l'eau est $K_2a^2V^2$. On a donc approximativement $\frac{Ka^2D}{g}\frac{dv}{dt} = -K_2a^2V^2$ et on en déduit $v = v_0 - \frac{gK_2V^2}{KaD}t$. Elle continuera à monter pendant

le temps $\frac{v_0 K a D}{g K_2 V^2}$ et décrira pendant ce temps un espace $\frac{v_0^2 K a D}{2 g K_2 V^2}$ d'autant plus grand qu'elle est plus lourde. Si, au moment de l'arrêt, le grain est encore à une hauteur h au-dessus de la table, l'impulsion de l'eau (qui ne pouvait pas le déplacer quand il reposait sur la table) lui fera parcourir dans le sens de la plus grande pente descendante, pendant qu'il tombera, un chemin approximativement égal à $\frac{V^2 K_2 h}{K a (D-1)}$, d'autant plus petit qu'il est plus lourd.

Il en résulte que les schlamms légers et fins descendent au pied de la table et que les grains gros et lourds remontent à sa tête.

XI. *Mouvement communiqué à des schlamms par de l'eau coulant sur une table inclinée, animée de secousses dans le sens de l'horizontale.*

Chaque secousse déplace un grain de schlamm latéralement de $\frac{K D a l \frac{1}{a}}{2 K_2 g}$, et si on en donne n par minute, il avance avec une vitesse uniforme $\frac{n K D a l \frac{1}{a}}{120 K_2 g}$. En même temps, il reçoit dans le sens de la plus grande pente un mouvement presque égal à celui de l'eau, qui a une accélération constante $g \sin \alpha$. La longueur l de la table est parcourue pendant le temps $\sqrt{\frac{2l}{g \sin \alpha}}$, et pendant ce temps le grain parcourt latéralement un espace proportionnel à $D a l \frac{1}{a}$.

Cet appareil classe mieux que ceux qui classent d'après la valeur de Da, car si on a deux grains tels que $D > D'$ et $a < a'$, l'inégalité $Da > D'a'$ entraîne forcément l'inégalité $Dal\frac{1}{a} > D'a'l\frac{1}{a'}$, et l'inverse n'a pas lieu.

Des grains de schlamms très petits et égaux entre eux décrivent sur la table de Rittinger des paraboles dont l'amplitude horizontale est proportionnelle à leur densité.

XII. *Stratification des grenailles sur un tamis par les impulsions de l'eau.*

Si des grenailles sont placées en couche sur une toile métallique, si un courant d'eau arrive en dessous avec une certaine vitesse, il soulève les grenailles, et celles-ci retombent pendant que le courant d'eau achève de monter et commence à descendre. Si u est à un moment donné la vitesse de l'eau de bas en haut, la vitesse v d'ascension des grenailles est obtenue par une force impulsive $K_1 a^2(u-v)^2$, malgré le poids dans l'eau $Ka^3(D-1)$

$$\frac{Ka^3 D}{g}\frac{dv}{gt} = K_1 a^2(u-v)^2 - Ka^3(D-1).$$

Comme v reste toujours très petit, la formule se réduit à peu près à

$$\frac{dv}{dt} = g\left(\frac{K_1 u^2}{KaD} + \frac{1}{D} - 1\right).$$

Ce sont les grenailles les plus fines et les plus légères qui montent le plus haut.

v' étant la vitesse de descente des grenailles et u étant la vitesse de descente de l'eau (qui peut être néga-

tive pour le premier moment), on a

$$\frac{Ka^3D}{g}\frac{dv'}{dt} = Ka^3(D-1) - K_1a^2(v'-u')^2.$$

Comme v' et u' sont très petits, la formule se réduit à peu près à

$$\frac{dv'}{dt} = g\left(1-\frac{1}{D}\right), \quad v' = g\left(1-\frac{1}{D}\right)t.$$

Ce sont les grenailles les plus lourdes qui descendent le plus vite.

Les grenailles se gênent dans leurs mouvements. Il résulte de ce qui précède qu'une grenaille grosse et lourde redescendra à un point plus bas que celui d'où elle est partie, et qu'une grenaille fine et légère redescendra à un point moins bas. En recommençant un certain nombre de fois cette opération, les grenailles se stratifient; les plus grosses et les plus lourdes descendent au niveau de la toile; les plus fines et les plus légères montent à la surface. S'il y avait au début de l'opération des grenailles fines au niveau de la toile ou s'il s'en produit par le choc des grenailles les unes contre les autres, elles traversent la toile et on obtient à la fin de l'opération, au-dessus de la toile, des grenailles stratifiées à peu près par densité, et au-dessous un limon de densité quelconque.

XIII. *Mouvement dans un vase sphérique plein d'eau et tournant autour d'un axe vertical.*

Si on place une grenaille dans un vase sphérique plein d'eau tournant autour d'un axe vertical avec une vitesse angulaire ω, elle prendra la même vitesse de rotation, car la force d'impulsion de l'eau est proportionnelle au carré de la vitesse relative.

Quand la grenaille se tiendra en équilibre sur un paral-

lèle en M (*fig.* 8, Pl. XII), la résultante du poids de la grenaille dans l'eau $Ka^3(D-1)$, et de la force centrifuge $\frac{Ka^3D}{g}\omega^2 r \sin\alpha$ fera avec la normale, d'un côté ou d'un autre, un angle dont la tangente sera inférieure à f. Elle pourra donc se tenir en équilibre entre deux parallèles déterminés, et le parallèle moyen d'équilibre sera celui pour lequel la résultante des forces indiquées plus haut sera dirigée exactement suivant la normale, c'est-à-dire pour lequel la somme des projections de ces forces sur la tangente au méridien sera nulle

$$\frac{Ka^3D}{d}\omega^2 r \sin\alpha\cos\alpha = Ka^3(D-1)\sin\alpha.$$

$$\cos\alpha = \frac{g}{\omega^2 r}\left(1-\frac{1}{D}\right).$$

Le parallèle moyen d'équilibre est situé à une hauteur égale à $r-\frac{g}{\omega^2}\left(1-\frac{1}{D}\right)$.

Si le vase est coupé à un plan horizontal déterminé, toutes les grenailles dont la densité sera inférieure à $\frac{g}{g-\omega^2 r\cos\alpha}$ ne pourront pas trouver dans le vase de parallèle d'équilibre.

Dans ce qui précède nous n'avons considéré que le parallèle où la grenaille peut se tenir en équilibre. La grenaille est d'abord lancée par la force centrifuge jusqu'à une hauteur plus grande. Au moment où elle s'arrête, le travail total de la force centrifuge $\frac{Ka^3D\omega^2 r^2\sin^2\alpha'}{2g}$, plus le travail total de la pesanteur $-Ka^3(D-1)r(1-\cos\alpha')$, est égal à 0. On en tire :

$$\cos\alpha' = \frac{2g}{\omega^2 r}\left(1-\frac{1}{D}\right)-1.$$

La grenaille monte jusqu'à une hauteur $2r-\frac{2g}{\omega^2}\left(1-\frac{1}{D}\right)$

exactement double de celle du parallèle moyen d'équilibre. Il est bon d'ajouter que le frottement empêche la grenaille de monter à une hauteur tout à fait aussi grande.

Résumé.

Les cuves de lavage, les appareils à courant ascendant, les aires de lavage, les tables à secousses, les tables de Rittinger, les cribles à piston, le laveur hydraulique Bazin, etc., reposent tous sur les principes que nous venons d'exposer et qui peuvent se résumer ainsi : *une grenaille placée dans de l'eau en repos ou en mouvement, soit au milieu du liquide, soit sur un fond solide, fixe ou mobile, décrit un mouvement différent, selon sa grosseur et sa densité.* On arrive donc à séparer les grenailles d'après leur densité, à la condition de ne traiter simultanément que des grenailles à peu près d'égale grosseur.

BULLETIN

L'INDUSTRIE DU CUIVRE EN TRANSCAUCASIE.

L'exploitation industrielle des gisements de cuivre de la Transcaucasie est une question actuellement très intéressante pour le gouvernement russe par suite de l'épuisement progressif des mines de l'Oural.

Les gisements actuellement connus forment cinq groupes principaux.

1° Groupe du bassin du Tchorok.
2° Groupe du Zanguezour.
3° Groupe d'Alaverdy.
4° Groupe d'Élisabethpol.
5° Groupe de Kakhétie.

I. *Groupe du bassin du Tchorok.* — La province de Batoum, acquise à la Russie en vertu du traité de Berlin, possède tout le cours inférieur du Tchorok. Les gisements de cuivre sont situés tout près de la frontière; leurs prolongements s'étendent même sur le territoire ottoman. Les principaux sont ceux de Khod-Elia, de Goumik-Khané, de Lamaschène. La pyrite cuivreuse est associée à de la pyrite de fer, de la galène, du carbonate de plomb; elle constitue des filons assez réguliers qu'on peut parfois suivre sur une longueur de plusieurs kilomètres. Tout récemment on a signalé l'existence d'un très beau gîte à Maradidi, et un ingénieur français vient d'y être envoyé par un financier grec pour rechercher le parti qu'on en pourrait tirer. Malheureusement l'absence des routes, les difficultés de la navigation du Tchorok, la cherté du combustible, empêcheront encore longtemps cette région d'acquérir une véritable importance industrielle.

II. *Groupe du Zanguezour.* — C'est ce groupe qui possède

sans contredit les meilleurs minerais cuivreux du Caucase, car leur teneur s'élève souvent à 25 p. 100; il est situé entre les villes d'Ordoubât, et de Nakhitchevan, sur la rive gauche de l'Araxe, qui forme là la frontière russo-persane. Malheureusement le chemin de fer de Tiflis à Bakou en est trop éloigné (300 kilomètres), et les voies de communication sont trop défectueuses pour pouvoir permettre l'écoulement des produits du côté de la Russie. Aussi est-on obligé de vendre sur place les 300 tonnes de cuivre obtenues chaque année, à des Persans qui s'occupent de la fabrication des ustensiles de cuivre qu'ils savent travailler avec tant d'art et de finesse.

III. *Groupe d'Alaverdy.* — Ce groupe, comprenant les usines d'Alaverdy, d'Akhtal, et de Chamblouk, a été, pendant longtemps, exploité assez activement, à cause de son voisinage de Tiflis, dont il n'est distant que de 70 kilomètres. Mais par suite de l'état désordonné des gisements, amené par le gaspillage du minerai et l'impéritie des exploitants, le travail a dû être entièrement suspendu. On prétend cependant qu'une société allemande, ayant son siège à Düsseldorf, est en pourparlers pour acheter tout le terrain minier aux propriétaires actuels.

IV. *Groupe d'Élisabethpol.* — Le district d'Élisabethpol possède les usines de beaucoup les plus importantes de la Transcaucasie. Ce sont celles de Kédabek et de Kalakent, propriétés de MM. Siemens frères. L'usine de Kédabek est située à 90 kilomètres à l'ouest d'Élisabethpol, et à 55 au sud de Chamkor, station du chemin de fer de Tiflis à Bakou, à laquelle elle est reliée par une route carrossable. L'usine de Kalakent se trouve à 20 kilomètres au-delà dans la direction du sud-ouest.

Le gisement comprend une espèce de filon en chapelet, ouvert dans des gneiss et des quartzites. Quatre amas importants sont activement exploités. Le minerai est constitué par de la pyrite cuivreuse, associée à une très grande quantité de pyrite de fer, un peu de blende et de galène. Quelques parties renferment de l'oxydule et du carbonate de cuivre.

Un simple triage, à la sortie de la mine, établit cinq catégories depuis la teneur de 20 p. 100, jusqu'à celle de 5. Au-dessous de 5 p. 100, les minerais sont rejetés.

La formule de traitement comprend une série de grillages dans des fours à chicane du type Gerstenhofer, et de fusions au four à cuve, en plus ou moins grand nombre suivant la richesse des minerais. Pour les deux premières catégories, une seule

fusion suffit pour donner du cuivre noir, qu'il ne reste plus qu'à raffiner. Les fours de raffinage sont construits en quartzite du pays; l'enduit de la sole est formé de six parties de quartz pulvérisé pour une d'argile réfractaire.

Les seuls combustibles employés sont le bois et le charbon de bois.

Le prix de revient d'une tonne de métal s'élève environ à 110 francs.

Le transport du cuivre se fait en chariots jusqu'à la station de Chamkor, puis par le chemin de fer jusqu'à Bakou. Là des bâtiments le conduisent par la Caspienne et le Volga jusqu'à Nijni-Novgorod, d'où il se répand dans toute la Russie.

Pendant l'année 1884, on a extrait 17.000 tonnes de minerai, qui ont fourni 1.100 tonnes de cuivre. Le nombre des employés et des ouvriers s'élève à 1.800. Ils sont payés de $0^f,75$ à 1 franc par jour.

Le capital de l'entreprise (en y comprenant les frais d'établissement et le fonds de roulement) s'élève à 8 millions de francs.

L'emploi exclusif des combustibles végétaux devant bientôt amener un épuisement complet des forêts de la région, le directeur actuel, M. Bolton, songe à les remplacer par le naphte, qui est à si bas prix dans toute la région du Caucase, et on veut essayer de fondre le cuivre dans des fourneaux à gaz dont les projets sont étudiés par plusieurs ingénieurs, notamment M. François Siemens, à Dresde.

Les analyses des cuivres de Kédabek, faites à Berlin, ont donné les résultats suivants :

	Cuivre brut.	Cuivre raffiné.
Cuivre	96,198	99,573
Argent	0,060	0,080
Plomb	0,040	0,027
Arsenic	0,092	0,038
Antimoine	0,066	0,060
Nickel et cobalt	0,038	0,031
Fer	1,534	0,009
Zinc	1,242	»
Oxygène	»	0,089
Soufre	0,720	»
	99,990	99,907

V. *Groupe de Kakhétie.* — Ce groupe, bien que non encore exploité, est celui qui paraît appelé au plus brillant avenir. Les gîtes les plus importants sont situés dans la vallée de l'Alezane,

aux environs d'Artani, à 12 kilomètres de Télav, ville reliée à Tiflis par une route carrossable de 85 kilomètres.

L'ossature du pays est constituée par des schistes anciens, généralement argileux, passant parfois à de véritables schistes ardoisiers fortement redressés par le soulèvement de la chaîne du Caucase et offrant un pendage de 60° à 80°. Les schistes sont traversés en tous sens par des veines de quartz blanc laiteux, qui, tantôt s'y montrent sous une forme de petits filets insignifiants, tantôt constituent de véritables filons de plusieurs mètres de puissance; ces filons sont quelquefois fortement minéralisés. Souvent aussi, on observe d'importants amas dans les schistes eux-mêmes.

Le minerai le plus abondant est la pyrite cuivreuse; elle est accompagnée d'une espèce de pyrite magnétique contenant du nickel, du cobalt, du molybdène. La galène et la blende se rencontrent aussi assez fréquemment.

Les premières recherches ont fourni des minerais riches à 18 p. 100 de cuivre, et remarquables par l'absence complète de matières nuisibles à la qualité du métal.

L'exploitation de ces richesses naturelles n'offrirait aucune difficulté. Tout le matériel indispensable à l'installation d'usines se trouve là sous la main : bonnes pierres de construction, force hydraulique indéfinie grâce aux torrents descendant des montagnes voisines, combustible fourni soit par les immenses forêts vierges des environs, soit par les puits de naphte qui sont en si grand nombre autour de Télav. La main-d'œuvre ne manque pas, et serait à très bon compte. Enfin, les conditions climatériques de la région ne laissent rien à désirer. C'est donc là surtout que devra se développer l'industrie du cuivre en Transcaucasie.

(*Extrait par* M. L. Janet, *ingénieur des mines, d'un rapport adressé à M. le ministre des affaires étrangères par* M. de Fulgence, *vice-consul de France à Batoum.*)

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA GRÈCE POUR L'ANNÉE 1883.

Par M. Argyropoulo, ingénieur des mines à Athènes.

Les mines et usines de la Grèce ont produit, en 1883, les quantités suivantes :

NATURE.	QUANTITÉS.		PROVENANCE.
		tonnes	
Minerais de fer manganésifères.	tonnes 56.803	25.672	Mine de Sériphos.
		14.800	Mine de Spiliazesa (Laurium).
		16.331	Mine Nikias (Laurium).
Minerais ferrugineux plombifères.		33.938	
Calamine crue.		2.601	Mine d'Antiparos.
Calamine calcinée.		37.520	Compagnie franç[es] des mines du Laurium.
Blende, pyrite, galène.		3.880	
Plomb d'œuvre.	9.612	1.919	
		7.693	Usines du Laurium (grecques).
Minerai de manganèse.		400	Mine de Calamata.
Soufre.		14.175	Mine de Milos.
Lignite.	8.200	7.000	Mine de Koumi.
		1.200	Mine d'Oropos.
Magnésite.		3.642	Minières d'Eubée.
Gypse	426	210	Minières de Scyros.
		216	Minières de Milos.
Pierres meulières.		24.148 (*)	
Pouzzolane		37.000 (*)	Santorin.
Émeri		2.222	Minières de Naxos.
Sel marin.		13.860	Salines (de l'Etat).

Les minerais de fer manganésifères des mines Nikias et Spiliazesa au Laurium, donnent en moyenne 14 à 16 p. 100 Mn et 36 à 34 p. 100 Fe; ceux de la mine de Sériphos donnent en moyenne 2 à 2,50 p. 100 Mn et 47 à 49 p. 100 Fe; ceux-ci sont des hématites anhydres et hydratées. Tous ces minerais son expédiés, en général, en Amérique, pour la fabrication de l'acier Bessemer. On peut avoir la tonne de minerai à bord à Sériphos au prix de 5 francs la tonne.

Les minerais ferrugineux plombifères provenant de la mine Nikias au Laurium sont utilisés comme minerais basiques à la fusion des *ekvolades* par la Compagnie grecque des usines, concessionnaire aussi de cette mine. Leur teneur en plomb ne dépasse pas 4 à 6 p. 100.

La calamine calcinée et crue est envoyée pour la plus grande partie en Belgique, à la Société de la Vieille-Montagne; le reste est expédié en Angleterre. La teneur moyenne est de 60 p. 100 Zn pour les calamines calcinées et de 35 p. 100 pour les crues.

Le minerai mixte de blende-pyrite-galène est expédié également en Belgique à la société d'Escombrera-Bleyberg à la teneur minimum, pour les deux métaux ensemble, Pb et Zn, de 40 p. 100.

(*) Exploitées par l'État.

soit 30 p. 100 Zn et 10 p. 100 Pb. La teneur en argent ne varie guère; elle est de 2.500 grammes à la tonne de plomb.

Le plomb d'œuvre de la Société grecque des usines du Laurium est exporté en Angleterre; la teneur en argent est en moyenne d'environ 1.600 grammes à la tonne de plomb; celui de la Compagnie française des mines du Laurium est envoyé aux usines de Marseille; sa teneur moyenne en argent est d'environ 2.000 grammes.

Le soufre est consommé en Grèce, à la culture de la vigne (prix de vente 125 francs).

Le lignite de la mine d'Oropos est utilisé par la Compagnie française des mines du Laurium pour la calcination dans les fours à cuve de la calamine (mélange de 2/3 de lignite pour 1/3 d'anthracite du pays de Galles). Son prix de vente, rendu sur le quai du port d'Ergastiria (Laurium), est de 19 drachmes la tonne. Le lignite de Koumi est consommé en Grèce par d'autres industries.

La magnésie carbonatée de l'île d'Eubée est expédiée vers divers ports.

On emploie le gypse pour activer la clarification des vins du pays.

Une grande partie des pierres meulières va en Turquie; elles sont vendues par l'État à la minière de Milos, depuis 20 leptas jusqu'à 6,50 drachmes la pièce, suivant leurs dimensions.

La pouzzolane est extraite de l'île de Santorin; on paie un droit d'extraction de 4 leptas par couffin de 25 kilogrammes, soit 1,60 drachme par tonne, dont la moitié va au Trésor public et l'autre moitié à un fonds spécial pour la construction d'un quai. Une partie est consommée en Grèce et le reste à l'étranger.

L'émeri est vendu par l'État au prix de 11,20 drachmes le quintal (56^k,32), soit à 198,85 drachmes la tonne livrée aux deux ports des carrières de Naxos, suivant un contrat pour 12 ans expirant en février 1890. L'acheteur est obligé de recevoir, par année, une livraison de 40.000 quintaux au minimum, soit 2.252 tonnes.

Les salines sont exploitées par l'État, qui en a le monopole; le sel marin est vendu par l'État dans les grands dépôts au prix de 10 leptas l'ocque, soit 78 drachmes la tonne.

LES GITES DE CHARBON DE L'ILE DE FORMOSE.

En 1875, M. David Tyzack fut chargé pour le compte du vice-roi de Fohkien, par sir Robert Hart, inspecteur général des douanes chinoises, de visiter les districts charbonniers du nord de l'île de Formose, et d'en étudier la géologie et les ressources.

Tout dernièrement il a fait à ce sujet à la Société des ingénieurs des mines du nord de l'Angleterre une communication où il a donné des renseignements sur l'exploitation de la houille en cette région jusqu'en 1882. Nous allons résumer brièvement les points principaux de la note de M. Tyzack.

La rivière de Tamsui se divise en trois branches tout près de cette ville. L'une d'elles, connue sous le nom de branche de Kelung, se dirige vers l'est, et après de nombreux circuits parsemés de rapides, au milieu d'une contrée bouleversée, elle vient passer à environ 3 kilomètres au sud du port et de la ville de Kelung, traversant le bassin houiller.

Au midi de la rivière de Kelung il n'a été possible d'explorer le pays que sur une faible largeur; il est, en effet, absolument impraticable au voyageur. Au nord, les reconnaissances géologiques ont été poussées jusqu'aux sources sulfureuses de Kimpou-lee. Sur la rive sud de la rivière de Kelung et à une assez faible distance de ses bords, on rencontre des masses porphyriques qui se sont fait jour à travers les terrains sédimentaires et qui atteignent une hauteur de 900 mètres environ. Sur la rive nord existent plusieurs veines exploitables de combustible; on les voit successivement affleurer à mesure qu'on s'approche de Kelung. Une seule couche passe sous le port et vient affleurer à 1.600 mètres plus au nord. Le terrain houiller de Kelung est formé d'épais bancs de grès jaune avec schistes bleus, schistes bleus foncés argileux, calcaires rugueux et minces lits de minerai de fer.

Ces terrains sont d'âge miocène, ainsi que, par l'inspection des fossiles recueillis, l'a reconnu M. Lebour, professeur de géologie au collège des sciences physiques de Newcastle. La plupart de ces fossiles ne permettaient pas de déterminer d'une façon complète l'âge des terrains, mais un *Echinodiscus biocu-latus* ne laisse aucun doute à cet égard, et la formation houillère de Kelung est bien sûrement tertiaire, quoique l'apparence de ses roches soit plutôt oolithique.

Au nord du bassin de Kelung proprement dit, on rencontre

d'énormes bancs de grès rouge, qui appartiennent peut-être au nouveau grès rouge; mais on ne trouve nulle trace du *magnesian limestone.* Plus au nord, à environ 16 kilomètres de Kelung, on rencontre un autre bassin houiller qui, par ses grès, ses schistes et ses charbons, rappelle franchement les terrains houillers d'Angleterre. Mais, par suite du mauvais vouloir des habitants, il n'a pas été possible de se rendre un compte suffisant de la géologie de la région.

A travers cette formation, qui appartient peut-être au véritable houiller, pénètrent intrusivement une série de masses porphyriques hautes de 1.300 mètres; on y rencontre d'importantes sources sulfureuses.

Le bassin de Kelung proprement dit a environ une superficie de 20 kilomètres carrés et paraît contenir quatre couches de houille distinctes. Il est difficile de repérer bien exactement les veines des diverses exploitations les unes par rapport aux autres.

Ces couches ont les épaisseurs suivantes :

Veine n° 1	1m,35
— n° 2	1m,05
— n° 3	0m,75
— n° 4	0m,50

En tenant compte des failles, des parties arasées et du plongement rapide des terrains, on ne peut pas évaluer la quantité de charbon actuellement exploitable à plus de 12 ou 15 millions de tonnes. Depuis de longues années les Chinois travaillent sur les affleurements et les parties de couches à flancs de coteau, et l'on peut considérer comme épuisée toute la houille située audessus des fonds des vallées.

Le charbon de Kelung, que M. Tyzack qualifie de charbon à vapeur bitumineux, présente la composition suivante :

Carbone	44,19	48,08
Matières volatiles autres que le soufre et l'eau	44,80	42,19
Soufre	0,46	0,46
Eau	5,19	6,95
Cendres	5,36	2,32
	100,00	100,00

Les indigènes qui, comme nous l'avons dit, ne prennent que les couches à flancs de coteau travaillent d'une façon absolument rudimentaire, ils exploitent par piliers abandonnés.

Le gouvernement, après les reconnaissances de M. Tyzack et avec son concours et celui de mineurs anglais, ouvrit une mine

avec tous les perfectionnements modernes. Mais il fallut d'abord vaincre bien des difficultés et triompher de beaucoup de résistances ; plusieurs mandarins de haut rang s'étaient, notamment, montrés fort préoccupés de la crainte que les puits atteignissent le fond de l'île, qu'ils supposent flotter sur les eaux, et que la mer, faisant irruption par ces trous, engloutît l'île et ses habitants. Cette houillère compte deux puits avec machine d'extraction, ventilateur Guibal, traînage mécanique, chemin de fer se rendant au port d'embarquement, etc. Elle était installée pour occuper 300 ouvriers et pour produire journellement 300 tonnes. On commença à extraire en 1877, et en 1882 l'extraction fut de 74.000 tonnes. A cette époque, l'état-major européen, qui dirigeait la mine, quitta, et depuis on est sans renseignements précis sur l'état de la houillère gouvernementale.

Les prix de vente à Kelung étaient, en mai 1882, à la tonne :

Gros	21 fr.
Petite gailleterie	14
Menus	6

M. Tyzack termine son intéressante communication en disant qu'une des plus grosses difficultés contre laquelle il fallut lutter pour l'installation de la mine fut la terrible mortalité que les fièvres causaient parmi les ouvriers en juillet, août et septembre, et qui s'élevait à une centaine d'hommes.

Pendant les six années 1877-1882, près de 700 ouvriers périrent ainsi de la fièvre des jungles.

En résumé, le bassin de Kelung, d'âge tertiaire, ne paraît par valoir la réputation que lui avaient faite, ces temps derniers, plusieurs des journaux français.

(*Extrait par* M. Soubeiran, *ingénieur des mines*, *d'un travail de* M. D. Tyzack, *publié dans les* Transactions of the North of England Institute of mining Engineers.)

APERÇU DE LA PRODUCTION MINÉRALE DES ÉTATS-UNIS

Par M. O. Keller, ingénieur en chef des mines.

L'industrie minérale accomplit des progrès si rapides, aux États-Unis, qu'il n'est pas hors de propos de jeter actuellement un coup d'œil d'ensemble sur la production des mines et des usines de ce pays. Nous emprunterons, à cet effet, une série de chiffres à une très importante publication du *Geological Survey*, due à M. A. Williams, chef de la division de la statistique des mines à Washington, et intitulée : *Ressources minérales des États-Unis*.

Les renseignements très circonstanciés qu'elle renferme au sujet de l'année 1882 offrent, en général, un grand intérêt; et c'est à regret que nous devons nous borner à les résumer ici très succinctement (*).

Charbon. — Le tiers de la production est constitué par l'anthracite de Pennsylvanie. Cet État est également le principal siège des exploitations de houille (*bituminous coal*). Dans les autres États on extrait soit de la houille, soit du charbon brun (*brown coal*), soit des lignites tertiaires, et une certaine quantité de *demi-anthracites*. La statistique américaine réunit ces divers combustibles dans un même groupe, et subdivise la production totale du charbon de la façon suivante, pour l'année 1882 :

Anthracite de Pennsylvanie.	31.860.000	tonnes métriques (**)
Houille, lignite et charbons divers . . .	61.835.000	—
Total.	93.695.000	—

En déduisant la consommation locale sur les mines, qui forme 5 à 6 1/2 p. 100 du montant de l'extraction, on obtient la *production commerciale* dont s'occupe presque exclusivement la statistique des États-Unis.

La production ainsi définie s'est élevée, pour la même année,

(*) On trouvera à la fin de la présente Notice les chiffres les plus récents concernant 1883 et 1884.

(**) La conversion des mesures américaines en mesures métriques a été opérée sur les bases suivantes : 1 *gross ton* = 2.240 *pounds* = 1.016 kilogr.; 1 *net ton* = 2.000 *pounds* = 907 kilogr.; 1 *gallon* = 3^{litres},785.

à 88.477.000 tonnes, réparties entre les divers États producteurs, comme l'indiquent les chiffres suivants :

ETATS ET TERRITOIRES.			
Pennsylvania	Anthracite	29.586.000	tonnes.
	Houille	22.352.000	—
Ohio		9.601.000	—
Illinois		9.144.000	—
Jowa		3.556.000	—
Missouri		2.032.000	—
West-Virginia		2.032.000	—
Indiana		2.008.000	—
Maryland		1.565.000	—
Kentucky		1.321.000	—
Colorado		963.000	—
Tennessee		864.000	—
Alabama		813.000	—
Kansas		762.000	—
Wyoming		642.000	—
Utah		254.000	—
Washington		229.000	—
Georgia		178.000	—
California		152.000	—
New-Mexico		149.000	—
Michigan		132.000	—
Virginia		102.000	—
Oregon		30.000	—
Rhode-Island		10.000	—
Total		88.477.000	—

Pour de plus amples renseignements il faut recourir au recensement décennal de 1882. Celui-ci, chose fort incommode, s'applique à une année toute particulière, à l'année dite du *census*, qui commence le 1er juin 1879 et finit le 31 mai 1880.

En rangeant les États dans le même ordre que précédemment, la statistique du charbon, fournie par le *census*, est donnée dans le tableau ci-dessous :

ÉTATS ET TERRITOIRES.	PRODUCTION en tonnes métriques.	NOMBRE des mines.	NOMBRE des ouvriers.	CAPITAL versé en francs.
Pennsylvania, anthracite . . .	25.977.200	275	69.382	795.159.000
Pennsylvania, houille	16.711.600	666	33.348	199 353.000
Ohio	5.449.800	618	15.620	70.310.000
Illinois.	5.546.700	590	15.437	54.870.000
Jowa.	1.325.200	227	4.755	14.312.000
Missouri.	504.600	144	2.599	2 005.000
West-Virginia.	1.668.700	129	4.497	29.616 000
Indiana.	1.319.100	216	4.426	11.869.000
Maryland	2.021.600	32	3.602	67.803 000
Kentucky.	858 300	65	2.669	10.138.000
Colorado.	419.700	25	1.360	30.587.000
Tennessee.	449.100	20	1.048	8.801.000
Alabama.	293.800	19	1.439	3.980.000
Kansas.	699 400	189	3.617	3.955.000
Wyoming.	534 800	6	989	3.741.000
Washington.	131.500	5	147	1.727.000
Georgia	140.300	2	422	2.275.000
California	214.900	6	733	6.383.000
Michigan.	91.400	6	412	344.000
Virginia, anthracite.	2.600	1	42	397.000
Virginia, houille.	39.100	4	241	1.694.000
Oregon.	39.200	3	73	1.167.000
Rhode-Island	5 600	1	31	141.600
Arkansas.	13.400	14	130	80.000
North-Carolina	300	1	3	207.000
Montana.	200	1	3	69.800
Nebraska	200	1	5	2.600
Totaux.	64.458.300	3.266	167.030	1.320.987.000

Si l'on compare la *production commerciale* de l'année du *census* avec celle de 1882, on voit que dans ce court intervalle l'augmentation a atteint 24.000.000 tonnes, quantité supérieure à l'extraction des houilles françaises pendant un an.

La valeur du charbon extrait des mines des États-Unis, en 1882, est évaluée à 759.557.000 fr. sur place, d'où il résulte un prix moyen de 8f,11 par tonne. En réalité, l'évaluation est faite sur le pied de 2dollars,25 par *gross ton* pour l'anthracite, soit 11f,655 par tonne métrique, et de 1dollar,25 par *gross ton* pour la houille et les autres combustibles, soit 6f,475 par tonne métrique, en comptant le dollar pour 5f,18.

Les transports augmentent ces prix dans une forte proportion sur les lieux de consommation. C'est ainsi qu'à New-York le cours le plus bas de l'anthracite a été, en 1882, de 4dollars,50, le plus élevé de 4dollars,85, ce qui correspond respectivement à 22f,94 et à 24f,72 par 1000 kilogrammes. Sur la même place, la houille de George's Creek (Maryland) est montée à des prix plus élevés encore.

La main-d'œuvre est très chère. On s'en rend compte en

examinant les salaires journaliers indiqués dans le tableau suivant :

Nombre et salaires des ouvriers des mines de houille et des usines à coke de la Pennsylvanie en 1882.

DÉSIGNATION DES EMPLOYÉS.	NOMBRE.	SALAIRES.
		fr. c.
Mineurs	28.372	11,12
Manœuvres de l'intérieur	1.281	9,32
Id. de l'extérieur	2.863	8,39
Muletiers	2.412	9,27
Forgerons	616	11,12
Charpentiers		10,61
Contremaîtres	681	13,39
Contremaîtres adjoints (Clerks)		10,87
Ouvriers des usines à coke	2.080	9,01
Enfants	1.343	4,33

Mais l'extraction du charbon revient cependant à bon marché, parce que l'exploitation fournit un rendement très élevé et que le nombre des ouvriers est très restreint comparativement à la production.

En effet, d'après les renseignements statistiques, le personnel ne dépassait pas, en 1882, 121.000 ouvriers travaillant à l'intérieur ou à l'extérieur dans les mines de charbon de Pennsylvanie, alors que la production de cet État, y compris la consommation des mines, montait à 55.660.000 tonnes. La division du second de ces nombres par le premier fait ressortir la production moyenne à 460 tonnes par ouvrier.

Le rendement est donc beaucoup plus élevé qu'en Angleterre, où il n'excède pas 318 tonnes, d'après les chiffres de 1883.

Le nombre des accidents est aussi, par une sorte de conséquence, beaucoup plus fort. Car on a compté en Pennsylvanie 3,25 ouvriers tués par 1.000; tandis que la proportion des victimes, comme nous l'avons indiqué dans une note concernant la statistique minérale anglaise (*Annales des mines*, 6e liv. de 1884) était, pour la période décennale 1874-1883, de 2,24 dans les houillères de la Grande-Bretagne et seulement de 1,93 dans les nôtres.

Le commerce extérieur des combustibles minéraux n'a qu'une médiocre importance aux États-Unis. Les houilles étrangères y sont frappées d'un droit exorbitant à l'entrée. Ce droit montait à 1^{dollar},25 par tonne en 1872, et a été réduit depuis lors à 75 *cents*.

Les importations se font d'Australie et de la Colombie anglaise à San-Francisco, de la Grande-Bretagne aux ports de l'Atlantique et du Pacifique, de la Nouvelle-Écosse aux ports de l'Atlantique. Elles ont formé un total de 786.000 tonnes en 1882.

Les exportations ont atteint 959.000 tonnes pendant la même année; elles sont dirigées vers le Canada et les Indes orientales.

Les entrées et les sorties se balancent, à peu de chose près, de sorte que la production houillère des États-Unis représente la consommation du pays. Elle s'élève à 1.800 kilogrammes environ par habitant.

La consommation du charbon est énorme dans les grandes cités manufacturières. Ainsi, elle est évaluée à 6.000.000 de tonnes pour la cité de New-York, quantité à laquelle s'ajoutent plus de 3.000.000 de tonnes pour Buffalo et 1.600.000 pour Brooklyn. Chicago en reçoit près de 3.900.000; et d'autres villes, comme la Nouvelle-Orléans, Cincinati, Boston, plus de 2.000.000 par an. Il est vrai que tout n'est pas brûlé dans les villes précitées; plusieurs d'entre elles sont des centres de distribution.

Toutefois, dans les grandes cités de l'Union, la consommation pour les usages domestiques est évaluée jusqu'à 2 tonnes de charbon par tête et par an.

Fer. — La statistique de la production des minerais de fer n'est pas dressée annuellement en raison des grandes difficultés que présente la réunion des renseignements pour une industrie aussi divisée. Ces minerais sont exploités dans vingt-cinq États et dans les territoires de l'Utah et de Washington. De vastes gisements existent près du lac Supérieur dans le Michigan et le Wisconsin, près du lac Champlain dans l'État de New-York, dans la région sud-est du Missouri, dans le nord de New-Jersey et à Cornwall en Pennsylvanie. Ce sont les principales sources auxquelles s'alimentent les usines à fer des États-Unis. Mais il existe en outre de très nombreuses exploitations disséminées; et la difficulté de s'adresser à chaque exploitant est telle que le gouvernement ne procède au recensement que tous les dix ans. Les renseignements statistiques donnés pour les années intermédiaires sont déduits de ceux du *census* et plus ou moins approximatifs.

D'après M. Williams, on a exploité, en 1882, 9.144.000 tonnes de minerais de fer, et l'on en a consommé 9.439.000, parmi lesquelles on compte 599.000 tonnes de minerais étrangers importés.

Le minerai indigène est cher; il vaut moyennement 18 francs la tonne de 1.000 kilogrammes, sur le carreau des exploitations.

L'industrie sidérurgique n'est pas confinée dans une région particulière. La Pennsylvanie tient le premier rang parmi les États au point de vue des usines à fer; on y fabrique toutes les variétés de fontes, de fers et d'aciers. Mais l'Ohio, New-York et l'Illinois sont aussi grands producteurs de fonte, Massachussets, New-York et l'Ohio de fer laminé, l'Illinois d'acier.

Les usines sont réparties dans trente-quatre États ou territoires. A la fin de 1882 le nombre des hauts-fourneaux en feu s'élevait à 417 et celui des inactifs à 270. Ces nombres comprennent d'ailleurs beaucoup de hauts-fourneaux au bois. L'effectif de ces derniers était en effet de 252; et 129 d'entre eux étaient en marche.

La production des fontes de toutes sortes s'est élevée à 4.697.000 tonnes. Ce chiffre est supérieur à celui de toutes les années précédentes; il ne comprend pas moins de 633.000 tonnes de fonte au charbon de bois, et, chose singulière, jamais la fabrication de cette dernière espèce n'a été aussi active.

La consommation a été plus grande encore; car on a importé près de 550.000 tonnes.

Les chiffres ci-dessous montrent avec quelle rapidité l'industrie de la fonte s'est développée, dans ce siècle, aux États-Unis.

Production de la fonte depuis 1810.

Année 1810	55.000	tonn. métr.
— 1820	20.000	—
— 1830	168.000	—
— 1840	320.000	—
— 1850	574.000	—
— 1860	834.000	—
— 1870	1.692.000	—
— 1880	3.897.000	—
— 1882	4.697.000	—

De 1872 à 1878 les hauts-fourneaux et les usines à fer ont d'ailleurs subi la crise industrielle bien connue, dont les effets se sont fait également sentir en Europe. Leur production a décliné pendant les sept années de cette période, tandis que les affaires ont repris une grande activité à partir de 1879, comme on peut s'en assurer en comparant les chiffres inscrits dans les premières colonnes du tableau suivant.

Production de la fonte, du fer et de l'acier de 1872 à 1882.

ANNÉES. (1)	FONTE. (2)	FER — Total. (3)	RAILS de fer. (4)	RAILS d'acier. (5)	LINGOTS d'acier Bessemer. (6)	AUTRES aciers. (7)	BLOOMS. (8)
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
1872	2.589.000	1.676.000	822.000	85.000	109.000	36.000	53.000
1873	2.602.000	1.667.000	690.000	117.000	155.000	47.000	57.000
1874	2.439.000	1.537.000	530.000	131.000	174.000	45.000	56.000
1875	2.056.000	1.451.000	455.000	261.000	341.000	55.000	45.000
1876	1.899.000	1.369.000	424.000	374.000	477.000	65.000	40.000
1877	2.099.000	1.339.000	302.000	391.000	508.000	71.000	43.000
1878	2.338.000	1.411.000	293.000	508.000	664.000	80.000	45.000
1879	2.785.000	1.857.000	381.000	629.000	843.000	107.000	57.000
1880	3.896.000	2.116.000	448.000	878.000	1.091.000	176.000	68.000
1881	4.210.000	2.398.000	443.000	1.229.000	1.396.000	217.000	77.000
1882	4.697.000	2.262.000	207.000	1.325.000	1.538.000	226.000	83.000

La crise n'a pas atteint les aciéries. La production de l'acier Bessemer et des autres aciers, obtenus pour la plupart soit au foyer d'affinage, soit au creuset, n'a pas cessé d'aller en augmentant. Leur total s'élevait, en 1882, à 1.764.000 tonnes.

On comptait, au 1er avril 1883, 38 cornues Bessemer, d'une capacité variant de 4 à 10 tonnes.

Les chiffres des colonnes 4 et 5 du tableau montrent l'importance croissante de la fabrication des rails en acier au détriment des rails en fer. La consommation des rails est évaluée, pour 1882, à plus de 1 700.000 tonnes, y compris 200.000 tonnes de rails fournis par l'étranger.

En raison du taux élevé des salaires, les forges des États-Unis ne produisent pas à très bon marché. En 1882, la tonne métrique de fonte valait en moyenne 117 francs environ, prise au haut-fourneau ; son prix est descendu à 100 francs dans le premier semestre de 1883, où s'est dessinée la baisse générale des produits métallurgiques.

Pour le fer et l'acier la statistique n'indique pas de prix moyen sur les lieux de fabrication. Mais d'après les cours pratiqués sur le marché de Philadelphie, la tonne métrique de fer en barres laminées, bien raffiné, a coûté moyennement 313 francs en 1882, et celle d'acier, sous forme de rails, 247 francs.

La valeur moyenne de chacun de ces deux produits a baissé d'environ 52 francs pendant le premier semestre de 1883, ce qui a mis le prix du fer à 261 francs et celui des rails d'acier à 195 francs.

Malgré l'élévation des prix pratiqués pendant l'année 1882, les États-Unis, grâce à l'étendue de leur commerce maritime, ont exporté pour 19 millions de dollars, soit environ 98 millions de francs, d'objets en fer ou en acier dans tous les pays du monde.

Or et argent. — Les métaux précieux sont l'objet de recherches statistiques extrêmement détaillées de la part des fonctionnaires placés sous les ordres du directeur de la Monnaie, et ce dernier publie annuellement à leur sujet un rapport très étendu. D'après le rapport concernant l'année 1883, auquel nous empruntons directement les chiffres qui suivent, la production des États-Unis a consisté, pendant cette dernière année, en 155 millions d'or et 239 millions d'argent. La Californie a fourni près de la moitié de cet or; puis viennent dans l'échelle de la production les États de Colorado, Dakota, Nevada, Montana, Idaho, etc. Pour l'argent, un peu plus du tiers a été tiré du Colorado; la Montana, l'Utah, la Nevada, l'Arizona comptent aussi parmi les gros producteurs.

La découverte d'un nouveau gisement aurifère dans les montagnes de l'Idaho a attiré dans cette région une foule de *prospectors* et de mineurs; mais on ne peut encore préjuger quelle en sera la conséquence au point de vue de l'augmentation de la production de l'or.

L'exploitation des mines est loin d'avoir été partout rémunératrice. On cite un nombre de 148 mines, situées dans six États ou territoires différents, dont les actionnaires ont dû faire des versements complémentaires pour une somme totale voisine de 30 millions de francs.

Par comparaison avec les chiffres de 1882, la production de l'or a, en effet, diminué de 12 millions, tandis que celle de l'argent a augmenté de 2 millions.

D'après un tableau inséré dans l'ouvrage de M. Williams, et qui indique l'extraction de ces deux métaux aux États-Unis depuis 1848, la production de l'or a atteint son maximum dans ce pays dès 1853, année où elle s'est élevée à 325 millions de francs. Celle de l'argent ne s'est développée que depuis 1861; elle semble continuer à s'accroître, quoique d'une façon intermittente.

Pétrole. — Les bassins pétrolifères de la Pennsylvanie et de New-York ont fourni, en 1882, 30 millions de barriques d'huile brute, et la Californie 70.000.

La barrique contient 42 gallons et présente une capacité de

159 litres. Si l'on admet 0,81 pour la densité moyenne du pétrole brut, une barrique en contient un poids de 129 kilogrammes; par suite, les 30.070.000 barriques sus-indiquées représentent 3.879.000 tonnes.

On extrait en outre certaines quantités de pétrole des puits de la Virginie, de l'Ohio et du Kentucky.

Dans les *champs d'huile* de Pennsylvanie et de New-York, qui constituent le centre de la production, la barrique de pétrole brut n'a pas valu plus de 4 francs, en moyenne, pendant l'année 1882. Le prix en est toutefois monté au delà de 5 francs dans le premier semestre de 1883, à la suite d'une diminution sensible du rendement.

La quantité de pétrole obtenue en 1882 a dépassé toutes les prévisions. Depuis 1878 le montant annuel de la production a doublé; il a presque sextuplé si l'on se reporte à l'année 1871, comme il résulte des chiffres suivants.

Production du pétrole brut dans les bassins de Pennsylvanie et de New-York depuis 1871.

	BARRIQUES.	NOMBRE des puits productifs.
Année 1871	5.205.000	»
— 1872	6.293.000	4.205
— 1873	9.845.000	4.109
— 1874	10.927.000	3.276
— 1875	8.787.500	3.098
— 1876	8.969.000	4.694
— 1877	13.135.560	7.383
— 1878	15.163.500	9.561
— 1879	19.785.000	11.283
— 1880	26.027.600	13.234
— 1881	27.376.500	16.668
— 1882	30.053.500	19.027

Le nombre des puits productifs est recensé mois par mois, et c'est le nombre moyen correspondant aux 12 mois de chaque année que nous faisons figurer en regard de la production.

Cuivre. — Bien que la découverte du cuivre aux États-Unis remonte au commencement du siècle dernier, il n'y a guère plus de 40 ans que ce métal est l'objet d'une exploitation ininterrompue, et c'est en 1845 que les produits du lac Supérieur firent leur première apparition sur le marché. L'extension des mines, assez lente au début, a pris une importance extraordinaire depuis quel-

ques années; on peut s'en convaincre en jetant les yeux sur le tableau ci-dessous.

Production annuelle du cuivre, de 1845 à 1882.

ANNÉES.	PRODUCTION totale.	PRODUCTION du lac Supérieur.	ANNÉES.	PRODUCTION totale.	PRODUCTION du lac Supérieur.
	tonnes	tonnes		tonnes	tonnes
1845	100	10	1864	8.100	5.700
1846	150	30	1865	8.600	6.500
1847	300	220	1866	9.000	6.200
1848	500	470	1867	10.200	7.900
1849	700	680	1868	11.800	9.500
1850	650	580	1869	12.700	12.100
1851	900	790	1870	12.800	11.200
1852	1.100	800	1871	13.200	12.100
1853	2.000	1.400	1872	12.700	11.200
1854	2.250	1.900	1873	15.700	13.600
1855	3.000	2.600	1874	17.800	15.500
1856	4.100	3.600	1875	18.300	16.400
1857	4.900	4.300	1876	19 300	17.400
1858	5.600	4.200	1877	21.300	17.700
1859	6.400	4.100	1878	21.800	18.000
1860	7.300	5.500	1879	23.400	19.400
1861	7.600	6.800	1880	27.400	22.600
1862	9.100	6.200	1881	32.500	24.800
1863	8.600	5.900	1882	41.600	25.800

Dans la production du lac Supérieur figure celle de la mine Calumet and Hecla, qui est aujourd'hui la première mine de cuivre du monde entier.

Cette exploitation apparaît pour la première fois en 1867 avec une production de 600 tonnes de cuivre, en donne 2.300 dès l'année suivante, puis 5.600. Dix ans après son début, en 1877, elle fournit 10.300 tonnes et 14.500 en 1882, c'est-à-dire plus de la moitié de la production totale du lac Supérieur. D'après un journal financier anglais *the Statist*, elle aurait produit plus de 20.000 tonnes l'année dernière.

La production du cuivre aux États-Unis a doublé depuis 1876 ; aussi les propriétaires des usines ont-ils été amenés à chercher des débouchés hors de leur pays et à se faire leur place sur le marché européen en consentant à livrer le cuivre à des prix réduits.

Il est difficile de préjuger la limite qu'atteindra cette branche d'industrie aux États-Unis. Tout porte à penser qu'elle se développera encore considérablement. Car les minerais de cuivre abondent dans les États d'Arizona, de Montana, de Colorado, de Vermont, pour ne citer que les principaux centres d'exploitation, et de grands progrès se font maintenant chaque année.

C'est ainsi que la production annuelle de l'Arizona, qui n'était pas évaluée à plus de 360 à 400 tonnes de cuivre jusqu'en 1874, à 900 en 1880, s'est élevée brusquement à 16.300 tonnes en 1882.

Le prix du cuivre est sujet à de grandes fluctuations, comme on sait. Il est tout à fait impossible d'en fixer la moyenne sur les lieux de production. Le métal du lac Supérieur, qui est le plus estimé, valait sur le marché de New-York de 2.150 à 2.680 francs la tonne de 1.000 kilogrammes, en janvier 1875; son prix est descendu progressivement jusqu'en 1879. En janvier de cette dernière année, son maximum était de 1.824 francs et son minimum de 1.767 francs. Les cours se relevèrent quelques mois après, atteignirent jusqu'à 2.850 fr. en janvier 1880, pour redescendre à 2.070 francs en janvier 1883, et même à 1.710 francs en juin de la même année. Le cuivre des autres États, moins pur que celui du Michigan, se vendait encore à meilleur marché, à New-York.

Plomb. — L'exploitation des minerais de plomb constitue l'une des industries les plus anciennes des États-Unis. Cependant elle n'a pris une réelle importance qu'après la mise en relation, par les voies ferrées, de la région minière des montagnes rocheuses avec les côtes de l'Atlantique et du Pacifique.

Nous indiquons ci-dessous le poids de plomb obtenu aux États-Unis, de 1832 à 1882, par période de dix ans, en y joignant la production annuelle depuis 1872. C'est dans cette dernière période que la fabrication de ce métal a pris une très grande extension.

Production du plomb depuis 1832.

Année 1832. . . .	9.100	tonn. métr.	Année 1876. . . .	58.100	tonn. métr.
— 1842. . . .	21.800	—	— 1877. . . .	74.300	—
— 1852. . . .	14.290	—	— 1878. . . .	82.660	—
— 1862. . . .	12.900	—	— 1879. . . .	84.200	—
— 1872. . . .	23.500	—	— 1880. . . .	88.700	—
— 1873. . . .	38.300	—	— 1881. . . .	106.200	—
— 1874. . . .	47.900	—	— 1882. . . .	120.500	—
— 1875. . . .	54.100	—			

La valeur du plomb obtenu en 1882, calculée d'après le prix moyen de ce métal dans les ports de l'est, prix qui monte à 540 francs environ par tonne métrique, formerait une somme de 65 millions. Il est d'ailleurs impossible de déterminer la valeur moyenne du plomb ou des minerais sur les lieux de production. Une très grande partie des minerais soumis à la fusion est argentifère et se trouve traitée plutôt pour extraire l'argent que pour obtenir le plomb métallique.

Les importations de plomb étranger, qui avaient une réelle importance jusqu'en 1874, ont à peu près cessé.

Les mines du Colorado, dont l'exploitation ne remonte guère qu'à 1878, fournissent aujourd'hui la moitié du plomb produit aux États-Unis. Le reste est tiré de l'Utah, de Nevada, de la Montana, de l'Idaho, du Missouri, du Kansas, de l'Illinois, du Wisconsin et, en moindre quantité, de presque tous les autres États ou territoires du Far-West.

Zinc. — Les usines à zinc sont situées dans l'Illinois, le Kansas, le Missouri et les États de l'est. La production qui ne dépassait pas 7.000 tonnes, en 1873, d'après les renseignements, assez incomplets d'ailleurs, des statisticiens américains, s'est rapidement développée. Elle s'est élevée à 30.600 tonnes métriques en 1882. La valeur correspondante approche de 19 millions, d'après le prix moyen de la tonne métrique à New-York, qui est évalué à 617 francs.

On fabrique en outre, dans d'importantes usines, de l'oxyde de zinc, en traitant directement les minerais.

Les États-Unis ont pour principal concurrent la Prusse, qui produit, comme on sait, d'énormes quantités de zinc en Silésie, dans les provinces rhénanes et en Westphalie.

Mercure. — C'est en Californie que sont situées les seules mines importantes de mercure de l'Amérique. A part une cinquantaine de bouteilles venant de l'Orégon, toute la production du mercure aux États-Unis, en 1882, a été tirée de la Californie. Elle s'est élevée à 52.732 bouteilles, soit 1.829 tonnes, valant moyennement 4.213 francs par tonne, à San-Francisco. Sur cette quantité, le sixième environ a été converti en vermillon, aux environs de New-York principalement. On a exporté 10.417 bouteilles de mercure, soit par mer, soit par chemin de fer.

Nickel. — L'existence du nickel a été reconnue depuis assez longtemps dans différentes localités, notamment dans les schistes micacés de Chatham (Connecticut), à Orford (Québec) et dans d'autres régions du Canada, au Missouri, etc. Dans l'Orégon, on a récemment découvert un gisement de minerais analogues à ceux de la Nouvelle-Calédonie.

Toutefois, la seule mine qui ait exercé une influence notable sur le développement de la métallurgie du nickel est celle de Lancaster-Gap, dans le comté de Lancaster en Pennsylvanie. Son propriétaire est le seul producteur de nickel métallique des États-Unis. Le minerai renferme de 1,5 à 2 p. 100 de nickel.

Il est fondu sur place et fournit une matte contenant au moins 10 p. 100 de métal; dans cet état les produits sont transportés aux usines de Camden (New-Jersey), près de Philadelphie, où s'opère le traitement métallurgique. La production de 1882 a consisté en 126 tonnes de nickel pur, d'une valeur de 1.605.000 fr. à raison de 2.735 fr. la tonne, sans compter une certaine quantité de bronze de nickel.

Une grande partie du métal obtenu a été consommée par la monnaie des États-Unis.

Substances diverses. — L'exploitation des autres mines est sans importance, et il n'existe à cet égard que des renseignements incomplets. La statistique indique cependant, pour 1882, une production d'environ 3.600 tonnes de manganèse, 3.000 d'asphalte, 2.500 de minerai de fer chromé, 200 tonnes de graphite, et un peu de cobalt et d'antimoine.

On a commencé, en 1883, à produire de l'étain métallique dans une petite usine construite sur la mine de Broad-Arrow, dans l'Alabama; c'est une tentative sur le succès de laquelle les renseignements nous manquent, mais qu'il n'est pas sans intérêt de noter.

Le *soufre natif* n'est guère exploité qu'en Californie et dans l'État de Nevada. Pendant l'année du dernier *census*, on n'en a obtenu que 500 tonnes. Presque la totalité du soufre consommé aux États-Unis vient de la Sicile.

Sel marin. — Le tableau ci-dessous indique la production du sel marin en 1882, d'après des renseignements que la statistique enregistre comme approximatifs, mais comme émanant toutefois des personnes les plus versées dans cette industrie spéciale.

États.	Poids en tonnes métriques.	Valeur en francs.
Michigan	385.700	11.013.000
New-York	211.800	4.320.000
West-Virginia	50.800	1.555.000
Ohio	50.800	1.450.000
California	27.200	776.000
Utah	11,800	673.000
Autres États et Territoires	76.200	2.591 000
Totaux	814.300	22.378,000

Le prix moyen ressort à 27f,50.

En général, le sel s'extrait du sein de la terre à l'état de disso-

lution saline, au moyen de puits, plus ou moins profonds, dont on compte au delà de 500. La dissolution est évaporée sous l'action du soleil, mais plus fréquemment à l'aide de combustible.

Le recensement de 1880 mentionne une seule mine, située dans la Louisiane, où l'on exploite le sel gemme en roche.

En Californie et dans le Massachusetts le sel s'obtient principalement par l'évaporation de l'eau de la mer.

L'exportation du sel marin est insignifiante. Tout au contraire les États-Unis tirent chaque année une assez grande quantité de sel de l'étranger. L'importation a été de 371.000 tonnes en 1882.

Matériaux de construction et divers. — L'ouvrage de M. Williams fournit sur la production des carrières une série de renseignements sans grand intérêt pour nous. Toutefois quelques chiffres peuvent trouver place ici.

On évalue, pour 1882, la production des carrières de pierre à bâtir à 108 millions de francs, celle des briqueteries et tuileries à 175 millions. On a fabriqué de la chaux pour 112 millions, du ciment pour 19 millions, des poteries (à l'état blanc) pour plus de 25 millions.

L'exploitation de la baryte a fourni plus de 20.000 tonnes, celle du borax près de 2.000. On a extrait pour les besoins des verreries environ 68.000 tonnes de quartz.

La marne, le gypse sont exploités sur une grande échelle, mais sans qu'on puisse donner le chiffre de l'ensemble de la production.

Il existe des dépôts très importants de phosphates dans la Caroline du Sud. Une seule compagnie en a produit, en 1882, 194.000 tonnes; une autre 152.000.

Parmi les substances tirées du sein de la terre, on peut encore citer le mica, pour plus de 1.200.000 francs, les pierres précieuses pour une valeur comprise entre 50.000 et 80.000 francs avant la taille, le corindon, le grindstone, la pierre ponce, le carbonate de soude à l'état natif, l'alun, la pierre à savon. On a extrait près de 1.100 tonnes d'asbeste, valant 186.000 francs sur les lieux de production, sans parler de diverses substances pour lesquelles les renseignements statistiques font défaut.

Résumé de la production minérale des États-Unis en 1883 *et en* 1884. — Nous venons de recevoir, grâce à l'obligeance de

M. A. Williams, un tableau synoptique dressé par cet éminent statisticien à la date du 9 juin dernier, où se trouve résumée la production minérale des États-Unis pendant les trois dernières années. La présente notice étant déjà composée et tirée en épreuves, nous ne pouvons malheureusement plus y introduire, article par article, les chiffres concernant 1883 et 1884. Nous les indiquons toutefois, en arrondissant les nombres, dans le tableau ci-dessous, qui a l'avantage d'offrir, en quelque sorte, l'inventaire des richesses minérales de ce pays.

Production minérale des États-Unis en 1883 et en 1884.

PRODUITS.	1883		1884	
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.
1°) *Métalliques.*		francs		francs
Fonte, valeur sur place, tonnes métriques. .	4.669.000	476.100.000	4.163.000	392.100.000
Argent, valeur monétaire, kilogrammes. . .	1.111.300	239.200.000	1.173.800	252.800.000
Or, id. id. . . .	45.100	155.400.000	46.200	159.500.000
Cuivre, valeur à New-York, tonn. métr. . .	53.000	93.500.000	65.800	92.100.000
Plomb, id. id. . . .	130.000	63.830.000	127.000	54.580.000
Zinc, id. id. . . .	33.000	17.150.000	35.000	17.730.000
Mercure, valeur à San-Francisco, bouteilles.	46.700	6.490 000	31.900	4.850.000
Nickel, valeur à Philadelphie, tonn. métr. . .	27	273.000	29	250.000
Aluminium. id. kilog. . . .	31	4.500	56	6.800
Platine, valeur à New-York, id. . . .	6,2	3.100	4,7	2.300
Valeur totale des produits métalliques. . . .	. . . . . .	1.052 millions	. . . . . .	974 millions
2°) *Non métalliques.*				
Charbon, valeur sur place, tonn. métr. . .	104.454.000	826.200.000	108.617.000	744.700.000
Pétrole, id. barriques. . . .	23.400.000	133.300.000	24.090.000	106.070.000
Sel marin, id. tonn. métr. . . .	786.000	22.240.000	827.000	19.270.000
Pyrite, id. id.	25.000	700.000	35.000	900.000
Minerai de manganèse, val. sur pl., ton. mét.	8.000	600.000	10.000	620.000
Id. de fer chromé, id. id.	3.000	309.000	2.000	180.000
Soufre, id. id.	900	140.000	450	62.000
Asphalte, id. id.	2.700	54.000	2.700	54.000
Gaz naturel, id. id.	»	2.460.000	»	7.560.000
Valeur total des produits non métalliques. .	. . . . . .	986 millions	. . . . . .	879 millions
Total général.	. . . . . .	2.038 millions	. . . . . .	1.853 millions

Le charbon sus-indiqué constitue la production totale des mines d'anthracite, de houille et de lignite. La *production commerciale* est moindre : elle est évaluée à 98.614.000 tonnes métriques pour 1883, et à 99.155.000 pour 1884.

Il est aisé de voir, par l'examen du tableau, les différences importantes existant entre la plupart des produits des deux exer-

cices, tantôt sous le rapport de la quantité, tantôt sous celui du prix marchand.

Si l'on se reporte aux chiffres de 1882, dont nous avons donné le détail précédemment, on remarquera que la production quantitative de 1884 présente une augmentation considérable pour le charbon et surtout pour le cuivre, et au contraire une diminution sensible pour la fonte, le pétrole, le mercure, le nickel. D'autre part, la baisse de prix des combustibles, des fontes et des métaux usuels a pris de telles proportions que l'industrie subit nécessairement une crise très intense.

Quant aux métaux précieux, on a extrait moins d'or, mais plus d'argent; la valeur obtenue pour l'ensemble est à peu près la même en 1884 qu'en 1882.

Rang des États-Unis parmi les pays producteurs. — L'énorme superficie des États-Unis et l'abondance des richesses minérales qu'on y rencontre semblent devoir assurer à ce pays le premier rang, au point de vue de la production des combustibles et des métaux. Il en sera sans doute ainsi dans un avenir plus ou moins éloigné.

Pour savoir quelle est actuellement la situation des Américains vis-à-vis des autres peuples, il suffit de consulter la statistique internationale. Depuis quelques années nous réunissons dans des tableaux synoptiques la production des mines et des usines métallurgiques des principaux pays du monde, autant que possible d'après les statistiques officielles; ces tableaux sont annexés à la *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie*. Si l'on consulte le dernier volume de cette publication, on reconnaît que les chiffres de la production classent les États-Unis de la façon suivante.

Ce pays tient le premier rang pour le pétrole, l'or, l'argent, le plomb. Chacun sait qu'il n'a aucune concurrence à redouter pour l'huile minérale, et qu'il laisse ses rivaux, l'Angleterre et la Russie, à une très grande distance derrière lui. L'écart est moindre en ce qui concerne l'extraction des métaux précieux : la Russie occupe le second rang pour l'or, et le Mexique pour l'argent. Les États-Unis dépassent de beaucoup la Prusse et l'Espagne pour la production du plomb.

Pour le mercure, ils ont joui d'une légère avance sur l'Espagne en 1882, mais l'ont perdue depuis lors.

L'Angleterre est sans rivale et le sera probablement longtemps

encore pour l'extraction de la houille. Toutefois cette industrie se développe en Amérique d'une façon rapide; et, depuis quelques années, les États-Unis ont conquis la seconde place dans l'échelle de la production des combustibles minéraux.

Il en est de même en ce qui concerne la fabrication de la fonte, du fer et de l'acier ; et, pour ces deux derniers produits, sinon pour la fonte elle-même, l'écart n'est plus bien considérable entre les deux pays.

Les États-Unis tiennent également le second rang pour le cuivre; ils se classent après l'Angleterre et un peu avant le Chili.

Pour la fabrication du zinc, c'est la Prusse qui est en tête, suivie par la Belgique, puis par l'Angleterre. Les États-Unis ne viennent qu'en quatrième ligne.

Enfin, pour le sel marin, ces États sont au troisième rang, après l'Angleterre et la Russie, un peu avant la France.

Si des flots d'émigrants continuent à affluer chaque année aux États-Unis, en apportant le concours de leurs bras et de nouveaux besoins à satisfaire, c'est là, comme on le voit, que se transportera le centre de la production minérale du globe.

STATISTIQUE MINÉRALE DE LA RUSSIE.

Le gouvernement russe a publié, en 1884, un fort volume consacré à la statistique des mines et usines de la Russie.

Les tableaux ci-après ont été composés au moyen des principales données numériques que contient cette statistique. Elle est imprimée avec luxe, en langue russe; la netteté des caractères employés pour les chiffres est remarquable. Elle présente un relevé très complet du poids des différents métaux qui ont été obtenus annuellement de 1873 à 1882. Pour les minerais, les renseignements n'embrassent que la dernière année de la période décennale. Il est regrettable que la valeur des produits soit des mines, soit des usines, n'y figure pas.

Plusieurs diagrammes sont joints à l'exposé qui précède les tableaux numériques. Les ingénieurs russes ont suivi pour cette publication l'ordonnance de la statistique minérale de la France.

L'introduction du volume dont il s'agit indique les conditions

dans lesquelles le travail a été fait; elle a semblé assez intéressante pour qu'il convienne d'en placer la traduction sous les yeux des lecteurs des *Annales des mines*.

Introduction. — « En 1883 on a soulevé, au sein du Conseil scientifique des mines, la question d'une étude économique détaillée à faire sur la situation de diverses branches de l'industrie minérale dans les différentes régions métallurgiques de la Russie. On a proposé en même temps de fonder, comme cela existe pour d'autres industries, un bureau spécial de statistique des mines, destiné à concentrer les renseignements statistiques, qui devraient servir de base à toutes les mesures pouvant être prises par le Gouvernement à l'égard de cette importante branche de l'industrie nationale.

« Au congrès international de statistique réuni en 1869 à la Haye, chacun des États délibérants s'est engagé à faire la statistique relative à un sujet déterminé; et la Russie a consenti à élaborer et à publier la statistique minérale de tous les pays.

« Une livraison de cette statistique a été publiée en 1876 par les soins du bureau central du ministère de l'intérieur. Les livraisons suivantes n'ont jamais paru.

« Considérant que la fondation d'un bureau statistique spécial occasionnerait de grandes dépenses, le Conseil des mines a décidé de restreindre l'entreprise à l'élaboration de la statistique minérale détaillée, mais en ce qui concerne la Russie exclusivement. Le Conseil a fait des démarches à l'effet d'obtenir une subvention spéciale pour réunir et publier des renseignements sur la production de l'industrie minière nationale. Grâce à l'avis éclairé du Ministre des domaines, les démarches du Conseil ont été couronnées de succès; ce qui a permis d'élaborer pour 1882 une statistique bien plus détaillée que celles des années précédentes et de faire paraître le présent recueil dans lequel on a consigné les renseignements concernant l'exercice. *Celui-ci est compté dans certains établissements, du mois de mai au mois de mai, et dans d'autres, du mois de septembre au mois de septembre, de sorte que le présent volume comprend une partie de l'année* 1883.

« Ce recueil a été rédigé d'après les données officielles fournies au Conseil des mines par les différents établissements en réponse à un questionnaire spécial.

« Les renseignements reçus sont plus complets que ceux que l'on fournissait auparavant; et les lacunes, quoiqu'on en ren-

contre quelques-unes, sont insignifiantes et ne peuvent avoir d'influence sérieuse sur les totaux généraux.

« Le présent recueil est divisé en deux parties : la première contient un aperçu général de la situation actuelle de notre industrie minérale ; dans la seconde se trouvent les tableaux détaillés relatifs à la production de chaque établissement de mine ou de chaque industrie. On a ajouté à la fin de la première partie les tableaux comparatifs des industries minérales de tous les pays, extraits d'un recueil publié récemment par le gouvernement français sous le titre : *Statistique de l'industrie minérale en France et en Algérie pour l'année* 1882. On a remplacé certaines données comprises dans ces tableaux, qui sont relatives aux années antérieures à 1882, par les renseignements les plus récents que l'on pouvait avoir sous la main. Pour la commodité des lecteurs russes, on a ramené les données contenues dans ces tableaux à l'unité de nos poids et converti les tonnes en poudes. »

I

Production et consommation de la houille en Russie de 1873 à 1882.

ANNÉES.	PRODUCTION.	IMPORTATION.	EXPORTATION.	CONSOMMATION.	RAPPORT de la production à la consommation.
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	p. 100
1873	1.173.546	819.347	»	1.992.893	58,8
1874	1 291.723	1.028,421	5.435	2.312.709	55,1
1875	1.701.192	1.003.283	1.140	2.703.335	63,0
1876	1.824.574	1.446.521	565	3.270.530	55,8
1877	1.789.133	1.440.408	1.819	3.227.722	55,4
1878	2.524 291	1.772.302	1.605	4,294.988	58,8
1879	2.921.935	1.440.999	2.186	4.360.748	67,0
1880	3.291.555	1.884.725	8.262	5.168.018	63,7
1881	3.496.041	1.775.689	425	5.271.305	66,3
1882	3.773.665	1.686.776	»	5.[illegible]	69;1

II

Production métallurgique de la Russie de 1873 à 1882.

MÉTAUX.	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
Or.	33.180	33.230	32.721	33.672	41.033	42.164	43 148	43.311	36.787	36.182
Platine. . .	1.574	2.016	1.541	1.574	1.721	2 066	2.262	2.951	2.984	4.082
Argent. . . .	9.951	11.803	9.852	11.197	11.164	11.459	11.426	10.115	9.443	8.021
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Plomb. . . .	944	1.330	1.083	1.169	1.205	1.398	1.358	1.147	987	573
Cuivre. . . .	3.660	3.271	3.652	3.876	3.507	3 522	3.126	3.205	3.467	3.595
Zinc.	3.378	4.128	3.988	4.626	4.635	3.646	4.321	4.390	4.552	4.472
Fonte. . . .	387.940	379.060	427.187	441.914	400.054	417.632	432.997	448.596	469.864	462.902
Fer.	255.491	299.496	304.060	292.939	266.614	273.738	280.343	292.304	292.446	297.571
Acier. . . .	8.951	8.636	12.939	17.956	44.309	64.283	210 177	307.359	293.564	247.873

III

Production du pétrole et du sel en Russie de 1873 à 1882.

	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Pétrole. . .	68.474	85.388	134.007	168.893	205.100	251.216	362.065	352.426	663.520	827.995
Sel.	826.208	769.631	622.810	717.046	474 626	781.615	818.523	779.867	831.547	834.177

Production des minerais pendant l'année 1882.

	tonnes		tonnes
Fer	1.078.000	Or; sables aurifères. . .	18.484.000
Cuivre.	85.700	Platine.	330.000
Zinc.	97.000	Plomb et argent.	33.300
Fer chromé.	1.900	Pyrite de fer.	3.400
Manganèse.	14.400	Soufre.	5.300

NOTA. Les minerais sont en partie exportés; ils ne sont pas traités intégralement dans les usines de la Russie.

Nombre des ouvriers employés aux travaux des mines en 1882. . . . 304.506
Nombre des ingénieurs du corps des mines au 1er juillet 1883. . . . 492

O. K.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SEPTIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

OBJETS DIVERS.

BULLETIN.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME SEPTIÈME.

Pl. I à IV. — Étude sur les chemins de fer belges.

Pl. V à IX. — Géologie générale et mines de diamants de l'Afrique du Sud.

Pl. X et XI. — Explosion d'une chaudière verticale aux forges d'Eurville.

Pl. XII, *fig.* 1 à 7. — Fours en usage pour le grillage de la blende.

Pl. XII, *fig.* 8 et 9. — Théorie des appareils employés au lavage des matières minérales.

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER SEMESTRE DE 1885.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

BOQUET (F.). — Développement de la fonction perturbatrice. In-4°, 79 p. (5780)

BOUSSINESQ (J.). — Application des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques, etc., mémoire suivi de notes étendues sur divers points de physique mathématique et d'analyse. Grand in-8°, 722 p. (2950)

CATALAN (E.). — Sur les formules relatives aux intégrales eulériennes. In-8°, 4 p. (*Assoc. franç. pour l'avancement des sciences. Congrès de Blois*, 1884.) (2956)

DUPUIS (J.). — Tables de logarithmes à sept décimales, d'après Bremiker, Callet, Véga, etc.; par J. Dupuis. *Édition* stéréotype, contenant les logarithmes des nombres de 1 à 100.000, les logarithmes des sinus et des tangentes des arcs calculés dans la supposition de R=1 de seconde en seconde pour les cinq premiers degrés et de dix secondes en dix secondes pour tous les degrés du quart de cercle, et quelques tables usuelles. 10° *tirage*. In-8°, XII-580 p. 8f,50. (5601)

GIRAULT (C.). — De l'ellipse et de l'ellipsoïde inscrits. In-8°, 36 p. et 2 planches. Caen. (Extr. des *Mém. de l'Acad. des sciences, arts et belles-lettres de Caen.*) (3503)

HOÜEL (J.). — Tables de logarithmes à cinq décimales pour les nombres et les lignes trigonométriques, suivies de logarithmes d'addition et de soustraction ou logarithmes de Gauss, et de diverses tables usuelles. In-8°, XLVIII-119 p. 2 fr. (2511)

Lafon (A.). — Étude sur les surfaces. In-8°, 45 p. avec fig. Lyon. (Extr. des *Mém. de l'Acad. des sciences de Lyon.*) (439)

Lebon (E.). — Théories et applications des sections homothétiques de deux quadriques. In-8°, 43 p. avec 9 fig. (2813)

Malcor (E.-A.). — Le calcul géométrique. Deuxième partie. In-8°, 65 p. (Extr. de la *Revue maritime et coloniale.*) (2548)

Marie (M.). — Histoire des sciences mathématiques et physiques. T. 6 : De Newton à Euler (suite). In-8°, 264 p. 6 fr. (4748)

Méray (C.). — Exposition nouvelle de la théorie des formes linéaires et des déterminants. In-4°, 104 p. 3 fr. (2553)

Minkowski (H.). — Mémoire sur la théorie des formes quadratiques à coefficients entiers. In-4°, 180 p. (Extr. des *Mémoires présentés par divers savants à l'Acad. des sciences.*) (660)

Serret (J.-A.) — Cours d'algèbre supérieure. 5° *édition*. T. I. In-8°, XIII-647 p. (L'ouvrage complet en 2 vol., 25 fr.) (5101)

Sturm (C.). — Cours d'analyse de l'École polytechnique; par Ch. Sturm, de l'Institut. Revu et corrigé par E. Prouhet, répétiteur d'analyse à l'École polytechnique. 8° *édition*, suivie de la Théorie élémentaire des fonctions elliptiques, par M. H. Laurent. 2 vol. In-8°. T. I, XXX-508 p. avec fig.; t. II, X-262 p., avec fig. (971)

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

Benoit (E.). — Du manganèse, étude de chimie analytique au double point de vue de la pharmacie et de l'industrie, contenant un procédé de préparation du peroxyde de manganèse à l'état de pureté et une méthode nouvelle de dosage du manganèse à l'état métallique dans les minerais. In-8°, 41 p. 2 fr. (2395)

Colson (A.). — Recherches sur les substitutions dans les méthylbenzines. In-4°, 55 p. (4623)

Colson (R.). — Traité élémentaire d'électricité, avec les principales applications. In-18 jésus, XII-191 p. avec 91 fig. 3f,75. (5812)

Delahaye (P.). — L'Année électrique, ou Exposé annuel des travaux scientifiques, des inventions et des principales applications de l'électricité à l'industrie et aux arts. 1re année. In-18 jésus, XII-312 p. (2973)

Ditte (A.) et E. Picard. — Recherches sur la nature et la composition chimique des eaux potables de Caen. In-8°, 45 p. Caen. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'agriculture et du commerce de Caen.*) (4012)

Durand-Claye (C.-L.). — Chimie appliquée à l'art de l'ingénieur. In-8°, viii-299 p. avec fig. (109)

Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. Frémy, de l'Institut. T. 5. Applications de chimie inorganique. Deuxième section. Industries chimiques. Deuxième partie. Métallurgie, 7ᵉ cahier. Métallurgie de l'argent; par M. C. Roswag, ingénieur civil des mines. In-8°, 488 p. avec fig. et 2 pl. 25 fr. (2474)

—— T. 10. Applications de chimie organique. Chimie agricole. Nutrition de la plante; par M. Dehérain, professeur au Muséum. In-8°, 140 p. 7 fr. 50. (2475)

Fliche (P.) et L. Grandeau. — Recherches chimiques et physiologiques sur la bruyère commune (*Calluna vulgaris* Salisb.), In-8°, 18 p. Nancy. (3481)

Foussereau (G.). — Recherches expérimentales sur la résistance électrique des substances isolantes. In-4°, 119 p. (4675)

Fremy et A. Terreil. — Le Guide du chimiste, répertoire de documents théoriques et pratiques à l'usage des laboratoires de chimie pure et de chimie industrielle. In-8°, viii-988 p. avec tableaux et 257 figures. (2764)

Fresenius (R.). — Traité d'analyse chimique qualitative : Des manipulations et opérations chimiques, des réactifs et de leur action sur les corps les plus répandus, etc.; par R. Fresenius, professeur de chimie à l'Université de Wiesbaden. 7ᵉ *édition* française, traduite de l'allemand sur la 14ᵉ *édition*, par le docteur L. Gautier. Petit in-8°, 528 p. avec fig. et spectre. 7 fr. (1878)

—— Traité d'analyse chimique quantitative; par Fresenius, professeur de chimie à l'Université de Wiesbaden. 5ᵉ *édition* française traduite de l'allemand sur la 6ᵉ *édition*, par C. Forthomme, professeur de chimie à la Faculté des sciences de Nancy. Petit in-8°, 1261 p. avec 239 fig. 14 fr. (1879)

Gay (J.). — Sur l'absorption du bioxyde d'azote par les sels de protoxyde de fer. In-4°, 65 p. (4957)

Gerando (L. de). — Nouveaux procédé de régularisation des galvanomètres (boussoles des tangentes); nouvelles méthodes de détermination des forces électro-motrices et des résistances des piles; applications importantes à quelques parties des méthodes générales d'expérimentation. In-8°, 23 p. (836)

—— Les Fers et Aciers modernes considérés à un point de vue rationel et sous celui de leurs propriétés mécaniques et électriques. In-8°, 23 p. avec tableau. (2089)

GIRARD (A.). — Composition chimique et valeur alimentaire des diverses parties du grain de froment. In-8°, 71 p. et 3 pl. (Extr. des *Ann. de chimie et physique*). (133)

GLADYSZ. — Sur une nouvelle méthode de régénération du soufre des marcs de soude. In-8°, 12 p. Marseille. (Extr. du *Bulletin de la Société scientifique industrielle de Marseille*.) (4036)

GRIMAUX (E.). — Les substances colloïdales et la Coagulation. In-8°, 24 p. (Extr. de la *Revue scientifique*.) (5872)

HAUCK (W. P.). — Les Piles électriques thermo-électriques et les Accumulateurs. *Édition* française, par G. Fournier, chimiste-électricien. Grand in-16, VII-320 p. avec 85 fig. (5633)

HIRN (G. A.). — Exposé d'un moyen de déterminer la température des parties du soleil inférieures à la photosphère. In-8°, 14 p. (863)

ISTRATI. — Sur les éthylbenzines chlorées et sur quelques observations relatives aux points d'ébullition dans la série aromatique. In-8°, 175 p. et planches. (4706)

JAPING (E.). — L'Électrolyse, la Galvanoplastie et l'Électrométallurgie; par Édouard Japing, ingénieur électricien. *Édition* française, par Ch. Baye, revue par Georges Fournier, chimiste-électricien. Grand in-16, XVI-241 p. avec 46 fig. (2290)

—— Le Transport de la force par l'électricité; par Édouard Japing, ingénieur-électricien. Traduit de l'allemand par Ch. Baye, avec notes et supplément par Marcel Deprez. Grand in-16, XVI-341 p. avec figures. (2291)

KEMPE (H. R.). — Traité élémentaire des mesures électriques; par H. R. Kempe, de la Société des ingénieurs des télégraphes et électriciens. Traduit de l'anglais sur la 3ᵉ *édition*, par H. Berger, directeur ingénieur des télégraphes. In-8°, XVI-648 p. avec fig. 12 fr. (4711)

LA COMBE (E.). — Détermination du poids absolu du gramme et de la densité moyenne de l'éther céleste. In-4°, 24 p. (4997)

LAGARDE (H.). — Recherches photométriques sur le spectre de l'hydrogène. In-4°, 136 p. et pl. (4999)

LECLERC (A.). — Recherches sur la déperdition de l'ammoniaque dans les sols fumés au sulfate d'ammoniaque. In-8° 18 p. (3520)

LEFORT (F.). — Éléments de chronologie astronomique. In-8°, 47 p. Reims. (5015)

MAISONNEUVE (S.). — Conférence sur la lumière électrique, faite à la Société académique de la Loire-Inférieure, par M. Similien Maisonneuve, ingénieur des arts et manufactures. In-8°, 154 p. avec figures et tableaux. (4742)

MATHIEU (E.). — Théorie du potentiel et ses applications à l'électrostatique et au magnétisme. Première partie : Théorie du potentiel. In-4°, 185 p. (2137)

MERMET (A.). — Manipulations de chimie; Métalloïdes. In-18 jésus, XXVI-846 p. avec 228 fig. 8 fr. (3871)

MONOYER (F.). — Théorie générale des systèmes dioptriques centrés. In-8°, 28 p. (Extr. du *Bulletin de la Soc. franç. de physique.*) (5054)

NIAUDET (A.). — Traité élémentaire de la pile électrique. 3e *édition*, revue par Hippolyte Fontaine et suivie d'une notice sur les accumulateurs, par E. Hospitalier. In-8°, XVI-352 p. avec 84 fig. (1315)

PANSIOT (A.). — Sur le système solaire et les taches du soleil. In-8°, 18 pages. (5067)

PARIZE (P.). — Les phosphates fossiles et leur falsification. In-4°, 3 p. Morlaix. (Extr. du *Guide scientifique.*) (220)

SCHUTZENBERGER (P.). — Traité de chimie générale, comprenant les principales applications de la chimie aux sciences biologiques et aux arts industriels. 2e *édition*. T. II. In-8°, 631 p avec fig. 14 fr. (5500)

SCHWARTZE (T.). — Le Téléphone, le Microphone et le Radiophone; par Théodore Schwartze. *Édition* française par Georges Fournier, chimiste-électricien. Grand in-16, XV-244 pages avec 119 figures. (2361)

SIEMENS (F.). — Sur un nouveau mode de chauffage des fours à gaz et à régénérateurs; par F. Siemens. Traduit des mémoires de l'*Iron and Steel Institute*, par G. Boistel, ingénieur des arts et manufactures. In-8°, 12 p. (547)

SINDICO (P.). — Le Véritable système du monde; Recherche expérimentale au moyen de l'instrument équatorial. In-8°, 12 p. et pl. (1564)

VATHAIRE (A. de). — Construction et conduite des hauts-fourneaux et fabrication des diverses fontes. Avec un atlas de 16 planches in-4°, 347 pages. (2908)

VIAL (L.-C.-E). — La Chaleur et le Froid. Deuxième supplément : Attraction céleste. In-8°, 47 p. (1383)

VIVAREZ (H.). — Construction des réseaux électriques aériens en fils de bronze silicieux : Lignes télégraphiques, téléphoniques; Transport de force; Lumière électrique. 2e *édition*, entièrement refondue. In-8°, 178 p. 3 fr. (988)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

ACY (E. d'). — Défense de mammouth trouvée dans la vallée de la Drance. In-8°, 3 p. (2922)

BONNO. — Conférence sur la géologie et la préhistoire du département de Seine-et-Marne, faite au comice agricole de Mormant, le 25 mai 1884, par M. l'abbé Bonno. In-8°, 10 p. Meaux. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'archéologie, sciences, lettres et arts du dép. de Seine-et-Marne.*) (5778)

BOSCOVITZ (A.). — Les Volcans. Grand in-8°, XII-492 pages et 100 grav. (1817)

CAMPAGNE (E.) — Le feu central et les volcans. In-8°, 240 p. avec gravures. Limoges. (1027)

—— Volcans et tremblements de terre. In-8°, 192 p. avec grav. Limoges. (1028)

CHOYER. — Le Caractère minéral des argiles. In-8°, 31 p. (4622)

COLLOT (L.). — Terrain jurassique des montagnes qui séparent la vallée du Lar de celle de l'Huveaune. In-8°, 24 p. et planches. Montpellier. (Extr. de la *Revue des sciences naturelles.*) (5579)

FLAMMARION (C.). — Le Monde avant la création de l'homme, œuvre de Zimmermann, entièrement refondue, complétée et développée par Camille Flammarion. *Édition* illustrée. Livraisons 1 et 2. Grand in-8°, 16 p. avec grav. et une planche en chromotypie. (L'ouvrage paraîtra en 100 livraisons à 10 cent. et en 20 séries à 0f,50.) (4260)

GAUDRY (A.). — Nouvelle galerie de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle, note lue à l'Académie des sciences, dans la séance du 9 mars 1885, par M. Albert Gaudry, de l'Institut, professeur de paléontologie au Muséum. In-8°, 9 p. (4956)

GOSSELET (J.). — Cours élémentaire de géologie à l'usage de l'enseignement secondaire. 8e *édition.* In-12, 213 p. avec figures. (3001)

HAUTEFEUILLE (P.). — Henri Sainte-Claire-Deville, ses travaux minéralogiques (leçon d'ouverture du cours de minéralogie de la Faculté des sciences de Paris, 26 mars 1885); par P. Hautefeuille. In-8°, 36 p. (Extr. de la *Revue scientifique.*) (5880)

HOLLANDE. — Les terrains tertiaires de la Savoie situés dans la zone subalpine au nord de Chambéry, suivi de : Les Terrains tertiaires dans le massif des Vosges. In-8°, 15 p. et planche. Annecy. (Extr. de la *Revue savoisienne.*) (2790)

Ivolas (J.). — La schistosité et les travaux de M. Ed. Jannettaz; In-8°, 13 p. et planche. (Extr. de la *Revue des sciences naturelles.*) (4707)

Jagnaux (R.). — Traité de minéralogie appliquée aux arts, à l'industrie, au commerce et à l'agriculture, comprenant les principes de cette science, la description des minéraux, des roches utiles, et celle des procédés industriels auxquels ils donnent naissance; à l'usage des candidats à la licence, des ingénieurs, des chimistes, des métallurgistes, des industriels, etc. Grand in-8°, IV-883 p., avec 470 fig. dans le texte. 20 fr.

Jeanjean (A.). — Notice géologique et agronomique sur les phosphates de chaux du département du Gard. In-8°, 46 p. Nîmes. (5419)

Morière (J.). — Note sur un *Homalonotus* du grès de May. In-8°, 21. p. et 2 pl. Caen. (Extr. du *Bulletin de la Soc. linnéenne de Normandie.*) (4088)

Mortillet (G. de). — Le Préhistorique, antiquité de l'homme. 2° *édition*, revue et complétée. In-18 jésus, XIX-658 p. avec 65 fig. 5 fr. (2563)

Nicaise (A.). — Les Terres disparues : l'Atlantide, Théra, Krakatoa. In-8°, 23 p. (5692)

Quatrefages (A. de). — L'Homme tertiaire; Thenay et les îles Andamans. In-8°, 11 p. (Extrait de la Revue : *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme.*) (5081)

Regnault (F.). — Sur les hyènes de la grotte de Gargas découvertes par M. Félix Regnault. In-8°, 3 p. (Extrait du même recueil.) (5088)

Renault (B.). — Cours de botanique fossile fait au Muséum d'histoire naturelle. 4° année. Conifères. Gnétacées. In-8°, 237 p. et 26 planches. (4131)

Saporta (de). — Les Organismes problématiques des anciennes mers. Grand in-4°, 108 pages avec fig. et 13 pl. 25 fr. (3919)

Saporta (G. de) et A. F. **Marion**. — L'Évolution du règne végétal : les Phanérogames. 2 vol. in-8°. T. I, XIV-251 p. avec fig.; t. II, 252 p. avec fig. 12 fr. (5292)

Seignette (A.). — Géologie élémentaire. 3° année. (Programme du 28 juillet 1882.) In-12, 246 p. avec 173 fig. 2f,50. (3368)

Vivier (A.). — Examen chimique des phosphates de Logrozan (Espagne). In-8°, 6 p. (3664)

4° Mécanique. — Exploitation des mines. — Droit des mines.

Aguillon (L.). — La législation des mines au Pérou. In-8°, 16 p. (Extr. de la *Revue de la législation des mines.*) (4553)
Baer. — Note sur la combustion dans les chaudières à vapeur et sur les foyers Criner. In-8°, 12 p. avec figures. (Extr. du *Bulletin de l'Assoc. amicale des élèves de l'École des mines de Paris.*) (3958)
Boudenoot (L.). — Mémoire sur la distribution de la force motrice à domicile au moyen de l'air raréfié. In-8°, 88 p. (Extr. des *Mém. de la soc. des ingénieurs civils.*) (4383)
Buchetti (J.). — Guide pour l'essai des machines à vapeur et la production économique de la vapeur, ouvrage contenant tout ce qui a rapport aux indicateurs simples, totalisateurs, les propriétés des vapeurs, etc., complément du traité : Les machines à vapeur actuelles. In-8°, 288 p. avec fig. et 10 pl. (1425)
Chavatte (E.). — Creusement du puits de Quiévrechain. In-8°, 31 p. Lille. (344)
Collignon (E.). — Problème de mécanique. In-8°, 11 p. avec fig. (*Assoc. franç. pour l'avancement des sciences. Congrès de Blois*, 1884). (3183)
Dejean de Fonroque (N.). — Du pendule; influences des corps célestes manifestées par ses oscillations; lettres à M. Joseph Vinot sur ce sujet. Petit in-8°, 18 p. (5371)
Delebecque. — Rapport sur l'épuration des eaux d'alimentation des chaudières à vapeur. In-8°, 16 p. avec fig. Lille. (3759)
Dunkel (J. T.). — Topographie et consolidation des carrières sous Paris, avec une description géologique et hydrologique du sol et 4 plans cotés en couleur, à l'usage des ingénieurs, des architectes et des constructeurs. In-4°, 68 p. (1861)
Goupil (A.). — Notes sur l'Ellipse, radeau monte-charge, turbines mobiles, raccordement de voies. In-8°, 20 p. avec fig. (Extr. du *Bull. technologique de la Soc. des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers*). (1079)
Leloutre (G.). — Recherches expérimentales et analytiques sur les machines à vapeur : Du degré d'exactitude des données d'observation d'un essai de machine à vapeur; Réponse à M. A. Hirn. In-8°, 24 p. (891)
—— Recherches expérimentales et analytiques sur les machines à vapeur : Vérification d'une série d'essais sur une machine de Woolf. In-8°, 58 p. (4065)

Rinck (E.). — Pénétration des projectiles dans les milieux résistants, d'après une étude du colonel Henrard, de l'artillerie belge; par E. Rinck, capitaine d'artillerie. In-8°, 13 p. avec fig. (Extr. de la *Revue d'artillerie.*) (5991)

Schmidt (E.). — Principes de construction et d'entretien des chaudières à vapeur d'après le règlement belge mis en vigueur par arrêté royal du 28 mai 1884, concernant l'emploi et la surveillance des chaudières et machines à vapeur. In-8°, 15 p. Amiens. (Extr. du *Bull. de la Soc. industrielle d'Amiens.*)(258)

Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1883. Résumé des travaux statistiques de l'administration des mines en 1884, avec un appendice concernant la statistique minérale internationale. In-4°, 213 p. avec diagrammes et carte coloriée. 6 fr. (3369)

Vuillemin (E.). — Le bassin houiller du Pas-de-Calais : Histoire de la recherche, de la découverte et de l'exploitation de la houille dans ce nouveau bassin. T. III. Grand in-8°, 359 p. avec tableaux et pl. Lille. (2916)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

Arnault (J. C.). — Étude sur l'organisation de la surveillance des chemins de fer en exploitation ou du contrôle de l'État. In-8°, 27 p. La Rochelle. (4859)

Avérous (C.). — Les tarifs de chemins de fer devant la commission d'enquête parlementaire. In-8°, 32 p., 0f,50. (755)

Bourdais (J.) et **Sébillot**. — Colonne-soleil, projet de phare électrique pour la ville de Pairs : 1° Construction monumentale, par M. Jules Bourdais, architecte du palais du Trocadéro; 2° Éclairage par un seul foyer (système Bourdais et Sébillot), par M, Sébillot. In-8°, 36 p. et grav. (Extrait des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils*). (1418)

Buffeteau (T.). — Chemins de fer : le voyageur et et ses bagages, suivi de l'Organisation des recherches des bagages perdus. In-8°, 132 p. (41)

Chenut (L.). — De la sécurité des voyageurs sur les voies ferrées. In-8°, 23 p. Amiens. (Extr. du *Bull. de la Soc. industrielle d'Amiens*). (345)

Debauve (A.). — Procédés et matériaux de construction. T. I : Sondages; terrassements; dragages. In-8°, 403 p. avec fig. et atlas in-4° de 27 pl. 25 fr. (2733)

Dumont (G.). — Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer. In-12°, 372 p. avec 259 fig. (4940)

Eifel (G.). — Tour en fer de 300 mètres de hauteur destinée à l'exposition de 1889, projet présenté par M. G. Eiffel, ingénieur-constructeur. In-8°, 8 p. et pl. (Extr. des *Procès-verbaux des séances de la Soc. des ingénieurs civils.*) (4423)

Garnier (J.). — Avant-projet d'un chemin de fer aérien à voies superposées à établir sur les grandes voies de Paris. In-4°, 43 p. avec fig. et 8 pl. (1881)

—— Projet comparé d'un chemin de fer aérien à établir dans les grandes voies de Paris, suivi de sa discussion en séance publique de la Société des ingénieurs civils. In-8°, 85 p. avec 8 grav. et 3 pl. hors texte. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils*). (5401)

Haag. — Note sur le chemin de fer métropolitain dans Paris. In-8°, 16 p. et plan. (Extr. du même recueil.) (1891)

Hamel (L.). — Les chemins de fer algériens; Étude historique sur la constitution du réseau; le classement de 1857. In-8°, 116 p. avec tableaux. Alger. (5229)

Jardin (J.). — Projet d'un système de détaxe applicable aux voyageurs sur les lignes françaises. In-12, 15 p. (1507)

Malo (L.). — Les voies asphaltées de Berlin. In-8°, 30 p. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (5024)

Marteau (A.). — Le chemin de fer du Saint-Gothard et son influence sur les intérêts français. In-8°, 14 p. (Extr. du *Moniteur officiel du commerce.*) (1720)

Mégrot (A.). — Éléments constants des prix des travaux ordinaires de construction In-8°, 50 p. avec tableaux. (3865)

Moreau (A.). — Les chemins de fer d'intérêt local; avantages de la voie étroite. In-8°, 58 p. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (4484)

Nansouty (M. de). — Note sur le projet d'une tour colossale en fer, de 300 mètres de hauteur, dressé par MM. E. Nouguier et Kœchlin, ingénieurs de la maison Eiffel, et par M. Sauvestre, architecte, présenté par M. Eiffel, ingénieur-constructeur à Levallois-Perret. In-4°, 4 p. et planche. (Extr. du *Génie civil.*) (1132)

Noel (O.). — Le rapport de M. G. Cavaignac et la Vérité sur le réseau de l'État. In-8°, 39 p. (Extr. de la *Revue britannique.*) (1731)

Picard (A.). — Les chemins de fer français, étude historique

sur la constitution et le régime du réseau, débats parlementaires, actes législatifs, réglementaires, etc. T. V : Période du 19 juillet 1879 au 20 novembre 1883. Conventions de 1883 : Première partie. In-8°, 828 p. L'ouvrage complet en 6 volumes : 84 fr. (3339)

Résal (J.). — Ponts métalliques : calcul des pièces prismatiques, renseignements pratiques, formules usuelles, poutres droites à travées indépendantes, ponts suspendus, ponts en arc. In-8°, xl-528 p. avec fig. (3910)

Théry. — La cause principale de l'impossibilité du projet des métropolitains souterrains de Paris. In-4°, 11 p. (2903)

Vauthier (L. L.). — De l'entraînement et du transport par les eaux courantes des vases, sables et graviers. In-8°, 14 p. (*Assoc. franç. pour l'avancement des sciences. Congrès de Blois*, 1884.) (4538)

6° *Sujets divers.*

Aylies (F.). — Les associtions du capital et le travail; employés et ouvriers des chemins de fer; du contrat de louage dans les compagnies; institutions de prévoyance. In-8°, 88 p. 1 fr. (1809)

Barjols (X.). — Étude sur l'organisation du personnel des ponts et chaussées, sur les abus qui se commettent, etc. In-8°, iv-184 p. (Extr. du *Journal des fonctionnaires.*) (1606)

Bouillet (M. N.). — Dictionnaire universel des sciences, des lettres et des arts, avec l'explication et l'étymologie de tous les termes techniques, l'histoire sommaire des diverses branches des connaissances humaines et l'indication des principaux ouvrages qui s'y rapportent; rédigé, avec la collaboration d'auteurs spéciaux, par M. N. Bouillet. 14° *édition.* (5° de la refonte). Grand in-8° à 2 col., viii-1852 p. 21 fr. (5783)

Clesse. — Contrôleur de rondes électrique. In-8°, 13 p. (2440)

Duroy de Bruignac. — Exposé sommaire de l'état présent de l'aéronautique. In-8°, 22 p. avec 6 fig. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (110)

Girodet (E.) et A. Pétrot. — Les accidents de travail et de chemins de fer. 1re *édition.* In-12, 24 p. 0f,50. (1486)

Goupil (A.). — La locomotion aérienne. In-8°, 112 p. avec figures et 7 planches. 6 fr. (1267)

Greil (G.). — Description d'un navire aérien avec moteur puissant et léger, pour la solution du problème de la navigation aérienne. In-8°, 33 p. avec tableaux. Constantine. (4962)

Huard (A.). et M. Pelletier. — Répertoire de législation et de jurisprudence en matière de brevets d'invention. *Nouvelle édition*, mise au courant de la législation et de la jurisprudence. In-18, 743 p. 6f,50. (4980)

Joulie (H.). — La fraude dans le commerce des engrais; examen de la loi du 27 juillet 1867 et du nouveau projet de loi proposé par le gouvernement. In-8°, 166 p. (873)

Lavoinne (E.). — La Seine maritime et son estuaire. Avec une introduction par M. Lechalas, ancien ingénieur en chef du département de la Seine-Inférieure. In-8°, 320 p. (3831)

Ledru (A.). et F. Worms. — Commentaire de la loi sur les syndicats professionnels du 21 mars 1884, d'après les documents officiels et les discussions parlementaires, suivi d'un formulaire. Avec une préface de M. Tolain, sénateur, rapporteur de la loi. In-18 jésus, LXV-436 p. 4 fr. (1703)

Lemoine (E.). — Nouvelle solution d'un problème d'arpentage. In-8°, 16 p. avec figure. (*Assoc. franç. pour l'avancement des sciences. Congrès de Blois*, 1884.) (4297)

Lephay (J.). — Mission scientifique du cap Horn (1882-1883). T. II. Météorologie. In-4°, 494 p. et 12 pl. 18 fr. (5016)

Melon (J. E.). — L'Éclairage électrique et l'Éclairage au gaz au point de vue du prix de revient. In-8°, 12 p. Lille. (3866)

Meyer (J.). — Mémoire sur la stadia topographique et son application aux levés de plans et aux études de chemins de fer, routes, canaux, etc. In-8°, 48 p. et planche (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils*.) (1530)

Piéron. — Note explicative sur l'extincteur thermo-automatique « *le Grinnell* » présenté à la Société industrielle du nord de la France, par M. T. E. Wilson, et rapport par M. Piéron, rapporteur. In-8°, 11 p. avec figures. Lille. (4114)

Robin (C.). — Nouveau dictionnaire abrégé de médecine, de chirurgie, de pharmacie et des sciences physiques, chimiques et naturelles; par Ch. Robin, de l'Institut et de l'Académie de médecine. Première partie: A.-Métaldéhyde. Grand in-8° à 2 col., p. 1 à 480. L'ouvrage complet en deux parties, 16 fr. (1963)

Rochard (J.). — La Valeur économique de la vie humaine. In-8°, 42 pages. (Extr. de la *Revue maritime et coloniale*.) (1342)

Schrader (F.). — Note sur l'orographe et sur la méthode graphique de levers employée dans les Pyrénées. In-8°, 16 p. (5098)

Simon (E.). — La participation des employés aux bénéfices et les Associations ouvrières en France. In-8°, 23 p. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils*.) (966)

Tissandier (G.). — Les ballons dirigeables; application de l'électricité à la navigation aérienne. In-18 jésus, VII-108 p. avec 35 figures et 4 planches hors texte. 3f,50. (3928)

Vignaux (P.). — Manuel de police administrative à l'usage des maires, adjoints, commissaires de police, commissaires spéciaux et commissaires de surveillance des chemins de fer et autres officiers de police. In-16, 494 pages. (4836)

Villard (G. et P.). — Étude d'un service d'eau pour la ville de Lyon: Principes généraux d'alimentation des villes en eau potable; suivi de l'Étude d'un tarif rationnel des eaux ménagères. Grand in-8°, 126 p. avec figures et planches. (2639)

Vivant (E.). — Dictionnaire technique anglais-français : marine, chemins de fer, métallurgie, mines. In-8° à 2 col., XLVIII-530 p. (283)

OUVRAGES BELGES ET HOLLANDAIS.

Dewalque. Catalogue des ouvrages de géologie, de minéralogie et de paléontologie. Liège. In-8°, 400 p. 12f,50.

Kapteyn. Les sinus du quatrième ordre. Amsterdam. In-4°, 2-98 p. 3f,75.

OUVRAGES ANGLAIS.

Bourne. *A catechism...* Catéchisme de la machine à vapeur. Nouvelle édition, augmentée et en grande partie refondue, avec 212 fig sur bois. In-8°, 610 p. 9f,40.

Hood. *Practical treatise...* Traité pratique des appareils de chauffage par l'eau chaude, la vapeur, l'air chaud, etc. 6e édition. In-8°, 474 p. 15f,65.

Spon. *Water supply...* Approvisionnement d'eau; pratique actuelle du fonçage et du forage des puits. 2e édition. In-8°, 280 pages. 13f,15.

Memoirs of the Geological Survey. The geology... Géologie de la région autour d'Attleborough, Watton et Wymondham; explication de la feuille 66 S. W.; par F. J. Bennett. In-8°. 1f,90.

—— *Diss, Eye...* Diss, Eye, Botesdale et Ixworth; explication de la feuille 50 N. W.; par F. J. Bennett. In-8°. 2f,50.

—— *Fakenham, Wells*... Fakenham, Wells et Holt; explication des feuilles 68 N. W. et S. W.; par H. B. Woodward. In-8°. 2f,50.

—— *Guide to the geology*... Guide pour la géologie de Londres et de ses environs; par W. Whitaker. 4e édition. In-8°. 1f,25.

—— *Geology of the country*... Géologie de la région nord-est d'York et sud de Malton; explication de la feuille 93 N. E.; par C. Fox-Strangways. In-8°. 1f,90.

—— *Explanatory memoir*... Mémoire explicatif pour accompagner la feuille 18 de la carte géologique de l'Irlande, par J. Nolan et F. W. Egan; avec notes paléontologiques par W. H. Baily. In-8°. 1f,25.

—— *Sheet 26 of the maps*... Feuille 26 de la carte géologique de l'Irlande, comprenant des portions des comtés de Tyrone et de Londonderry; par J. Nolan; avec notes paléontologiques par W. H. Baily. In-8°. 0f,95.

—— *Explanation*... Explication des coupes horizontales, feuille 128; coupes des falaises du Suffolk à Hessingland et Pakefield et à Corton; par J. H. Blake. In-8°. 0f,25.

—— *The geology*... Géologie d'Eskdale, Rosedale, etc. Explication de la feuille 96 N. E.; par C. Fox-Strangways, C. Reid et G. Barow. In-8°. 1f,90.

—— *Explanatory memoir*... Mémoire explicatif pour accompagner la feuille 55 de la carte géologique de l'Irlande, comprenant des portions des comtés de Sligo et de Lutrim; par J. R. Kilroe; avec notes paléontologiques par W. H. Baily. In-8°. 5f,65.

—— *The geology*... Géologie de la baie de Bridlington (explication de la feuille 94 N. E.); par J. R. Dakyns et Fox-Strangways. In-8°. 1f,25.

Challenger. Report... Rapport sur les résultats scientifiques du voyage du *Challenger* pendant les années 1873-76. Zoologie: vol. II. In-4°. 62f,50. — Botanique, vol. I. In-4°. 50 fr.

Parliamentary. Railway accidents... Accidents de chemins de fer. Rapport janvier-septembre 1884. 5f,65.

—— —— Rapports pour 1884. 1f,35.

—— —— Rapports janvier-mars 1885. 0f,85.

—— *Railways. Continuous*... Chemins de fer. Freins continus, rapport pour le 2e semestre 1884. 1f,35.

—— —— *Signal arrangements*... Dispositions des signaux et systèmes d'exploitation. Rapport. 1f,10.

—— *Explosion...* Explosion : houillère de Pochin, Tredegar; rapport. 1f,70.

—— *Mines. Explosion...* Mines; explosion à la houillère de Hall End; rapport. 0f,75.

AIRY. *Gravitation...* Gravitation ; exposition élémentaire des principales perturbations dans le système solaire. 2e édition. In-8°, 186 p. 9f,40.

Duke of ARGYLL. *Geology...* La géologie et le déluge. Glasgow. In-8°. 3f,15.

MINCHIN. *A treatise...* Traité de statique, avec applications à la physique. Vol. I, 3e édition, corrigée et augmentée. In-8°, 354 p. 11f,25.

WYLIE. *A treatise...* Traité de la fonte de fer. In-8°, 162 p. 3f,15.

Electric illumination... Éclairage électrique, par *J. Dredge, M. F. O'Reilly, H. Vivarez* et *Wise*. Vol. II. In-4°, xv-455 et CCCXCIV p. 37f,50.

PHILLIPS' *geology...* Géologie de *Phillips;* éditée par *R. Etheridge* et *H. G. Seeley*. Part. I. In-8°. 22f,50.

WILLIAMSON and TARLETON. *An elementary...* Traité élémentaire de dynamite. In-8°, 460 p. 13f,15.

RICHARDS. *The truth...* La vérité sur les nouveaux champs d'or. In-8°. 4f,40.

WALTON. *Coal mining...* L'exploitation des mines décrites et figurées; 24 grandes planches. In-4°. 31f,25.

TAYLOR. *Our common...* Nos fossiles communs d'Angleterre, et où les trouver. In-8°, 330 p. av. 331 fig. 9f,40.

THOMPSON. *Elementary lessons...* Leçons élémentaires sur l'électricité et le magnétisme. In-12, 450 p. 5f,65.

TURNER. *A collection...* Collection d'exemples sur la chaleur et l'électricité. In-8°, 76 p. 3f,15.

British railways... Les chemins de fer et les canaux anglais dans leurs rapports avec le commerce anglais et le contrôle du gouvernement. In-12, 236 p. 4f,40.

CLOWES. *A treatise...* Traité de chimie pratique et d'analyse inorganique qualitative. 4e édition. In-8°, 370 p. 9f,40.

COLYER. *Treatise...* Traité de l'emploi et de la conduite des chaudières et des machines à vapeur. In-12, 74 p. 2f,50.

DEMPSEY. *Treatise...* Traité des ponts tubulaires et autres ponts à poutres en fer. 4e édition. In-12. 2f,50.

GRAHAM. *Algebraic factors...* Facteurs algébriques; résolutions des expressions algébriques élémentaires en facteurs simples par des méthodes faciles. 2e édition, revue. In-8°, 102 p. 2f,50.

Tyerman. *The moon's rotation...* Examen de la rotation de la lune par la théorie de la gravitation de Newton. In-8°, 32 p. 2f,50.

Maccregor. *Gas engines...* Machines à gaz. In-8°, 220 p., avec 7 planches. 10f,65.

Northcott. *The theory...* Théorie et action de la machine à vapeur pour les praticiens. 4e édition. In-8°, 178 p. 4f,40.

Allen. *Commercial...* Analyse organique commerciale. 2e édition, revue et augmentée. Vol. I. In-8°, 476 p. 17f,50.

Geikie. *Text-book...* Traité de géologie. 2e édition, revue et augmentée. In-8°, 986 p., av. fig. 35 fr.

Harding. *Magnetic...* Lois magnétiques et électriques. In-18, 32 p. 0f,65.

Ivatts. *Railway management...* Aménagement des stations de chemins de fer. In-8°, 603 p. 7f,50.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

Dixon. *The machinist's...* Calculateur pratique du machiniste et de l'ingénieur de machines à vapeur. In-16. New-York. 12f,50.

Fiske. *Electricity...* L'électricité en théorie et en pratique. In-8, 272 p. New-York. 15f,65.

Wadsworth. *Lithological studies...* Études lithologiques : Description et classification des roches des Cordillères. Part. I. In-4°. Boston. 18f,75.

Kunhardt. *The practice...* Les procédés de la préparation mécanique des minerais en Europe. In-8°, VIII-110 p. New-York. 9f,40.

Swank. *A short history...* Histoire abrégée de la fabrication du fer dans tous les âges, particulièrement aux États-Unis, de 1585 à 1885. In-4°, 428 p. Philadelphie. 37f,50.

Johnson. *Curve tracing...* Tracé des courbes en coordonnées cartésiennes. In-12, 96 p. New-York. 6f,25.

Lockwood. *Electricity...* Électricité, magnétisme et télégraphie électrique; guide pratique et manuel. In-8°, 377 p. New-York.

Haswell. *Mechanics'...* Formulaire de poche à l'usage des mécaniciens et ingénieurs, contenant les tables, règles, formules relatives à la mécanique, aux mathématiques et à la physique. 47e édition. In-8°, XXIV-922 p. New-York. 25 fr.

Thurston. *Stationary steam engines...* Machines à vapeur fixes,

spécialement adaptées au but de l'éclairage électrique; traité du développement des machines à vapeur, principes de leur construction, emploi économique; description de machines à moyenne et à haute pression. In-8°. New-York. 9f,40.

United States Geological Survey. Third annual... Troisième rapport annuel 1881-1882, par J. W. Powell. In-4°. Washington.

—— *Monographs. Geology...* Géologie du filon de Comstock et du district de Washoe, par *G. F. Becker*. In-4°, xv-422 p. avec 7 pl. et un atlas in-fol. de 21 feuilles. Washington. 105 fr.

—— *Tertiary history...* Histoire tertiaire du district du Grand-Cañon, par *C. E. Dulton*. In-4°, 264 p., avec atlas in-fol. de 26 doubles feuilles. Washington. 93f,75.

—— *The copper-bearing rocks...* Les roches cuprifères du Lac Supérieur; par *R. D. Irving*. In-4°, xvi-464 p. Washington.

Weeks. *Report...* Rapport sur la fabrication du coke. In-8°, 114 p. avec fig. New-York. 12f,50.

Sinclair. *Locomotive engine...* Marche et conduite des locomotives. 2e édition. In-8°, xviii-390 p. New-York. 9f,40.

Aaron. *Assaying...* Les essais. Part. 1 : Minerais d'or et d'argent. Part. 2 : Monnaie d'or et d'argent. Part. 3 : Plomb, cuivre, étain, mercure, zinc, nickel et cobalt. In-8°, 161 p. San-Francisco. 15 fr.

Remsen. *An introduction...* Introduction à l'étude des composés du carbone : Chimie organique. In-12, x-364 p. Boston. 9f,40.

OUVRAGES ALLEMANDS.

Busche. *Ueber eine Beweismethode...* Sur une méthode de preuve dans la théorie des nombres et quelques-unes de ses applications, particulièrement à la loi de réciprocité dans la théorie des restes quadratiques. Gœttingen. In-8°, 57 p. 1f,75.

David. *Ueber eine...* Sur une famille géométrique du 2e degré et son application à des courbes du 4e ordre à 3 points doubles. Breslau. In-8°, 53 p. 1f,50.

Flach. *Die Käfer...* Description des coléoptères des dépôts infra-pleistocènes de Hösbach, près Aschaffenbourg. Würzbourg. In-8°, 13 p., avec 2 pl. 1f,75.

Neues Handwörterbuch... Nouveau dictionnaire de chimie, composé et rédigé par *H. v. Fehling*, avec le concours de Bau-

mann, Bunsen, Classen, etc. Brunswick. In-8°. Livraisons 45-47 (T. IV, p. 433-720). Chaque livraison 3 fr.

Heim. *Handbuch*... Manuel de la connaissance des glaciers. Stuttgart. In-8°, xvi-560 p., avec 2 pl. et 1 carte. 16f,90.

Hussak. *Anleitung*... Guide pour la détermination des minéraux qui entrent dans la composition des roches. Leipzig. In-8°, iv-196 p. avec 103 fig. 6f,25.

Huth. *Das periodische Gesetz*... La loi périodique des poids atomiques et le système naturel des éléments. Francfort-sur-l'Oder. In-8°, 16 p., avec une pl. coloriée. 1f,50.

Martini und Chemnitz. *Systematisches Conchylien-Cabinet*... Collection systématique de coquilles. Publié et complété par *H. C. Küster*, en collaboration avec Philippi, L. Pfeiffer, Dunker, etc.; continué après sa mort par *W. Kobelt* et *H. C. Weinkauff*. Nüremberg. In-4°. Livraisons 331 et 332; 72 p., avec 12 pl. col. Chaque livraison 11f,25. — Section 108, p. 95-182, avec 16 pl. color. 33f,75.

Thürach. *Ueber das Vorkommen*... Sur la présence de matériaux microscopiques de zircon et de titane dans les roches. Würzbourg. In-8°, 22 p., avec 1 pl. 3f50.

Fischer, *Die Sonnenflecken*... Les taches du soleil et le temps. Fasc. 1. Observations depuis le 1er juillet 1883. Erfurt. In-8°, 53 p., avec 11 pl. 2 fr.

Handwörterbuch der Mineralogie... Dictionnaire usuel de minéralogie, de géologie et de paléontologie, publié par *A. Kenngott*, avec le concours de v. Lasaulx et F. Rolle. T. II. Breslau. In-8°, v-495 p., avec 202 fig. et 2 pl. 18f,75.

Kick. *Das Gesetz*... La loi des résistances proportionnelles et ses applications. Leipzig. In-8°, x-118 p., avec 3 pl. et 44 fig. 7f,50.

Spitzer. *Untersuchungen*... Recherches dans le domaine des équations différentielles linéaires. Fasc. 2 et 3. Vienne. In-8°, vi-49 p.; vi-45 p. Chaque fascicule 3f,75.

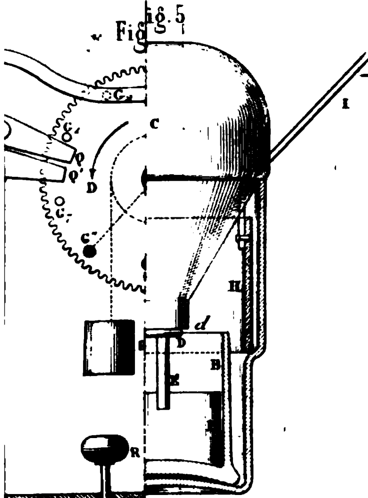
Szajnocha. *Zur Kenntniss*.... Contributions à la connaissance de la faune de céphalopodes du crétacé moyen de l'île d'Elobi sur la côte occidentale d'Afrique. Vienne. In-4°, 8 p., av. 4 pl. 2f,50.

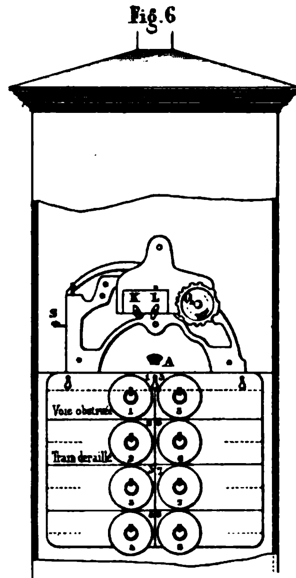
Weierstrass. Formules et propositions pour l'emploi des fonctions elliptiques; rédigé et publié d'après ses leçons et ses notes par *H. A. Schwarz*. Fasc. 1. Gœttingen. In-4°, 80 p. 7f,50.

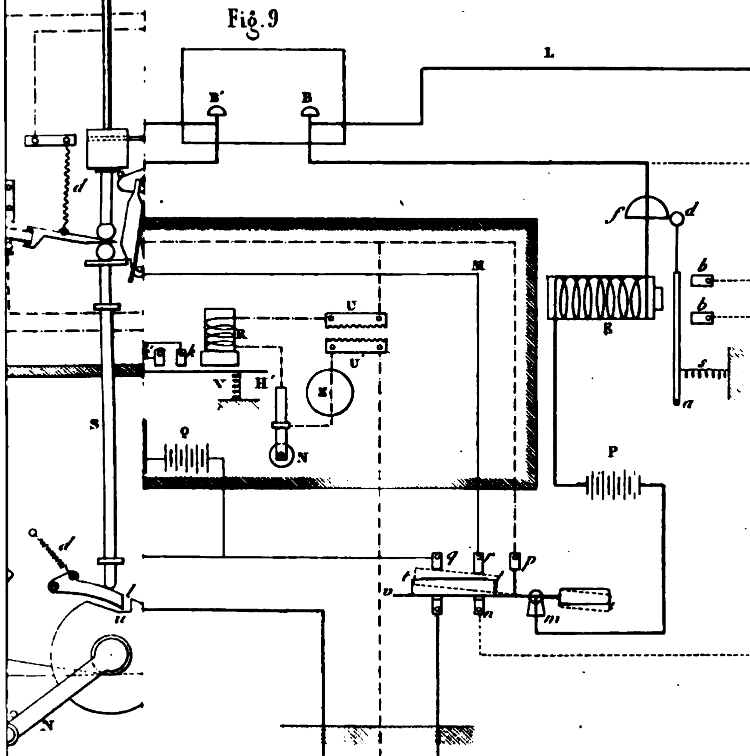
Palæontologische Abhandlungen... Mémoires paléontologiques, publiés par *W. Dames* et *E. Kayser*. T. II, fasc. 4. Berlin. In-4°. 11f,25.

Bombicci. *Corso di litologia*... Cours de lithologie : filons métallifères; roches; pierres à bâtir; marbres. Bologne. In-16, IX-638 p. 5 fr.

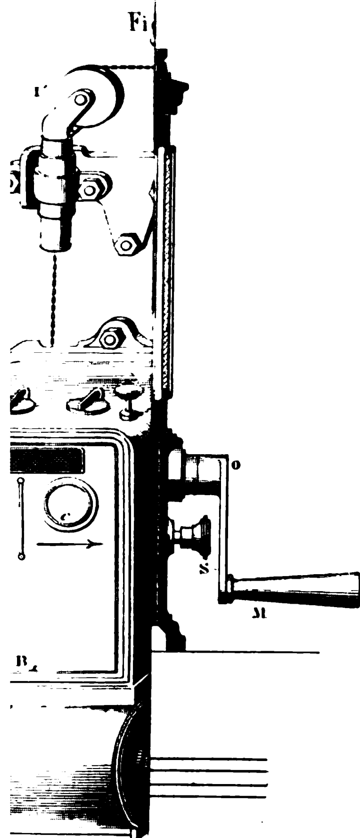
Salmoiraghi. *Istrumenti*... Instruments et méthodes modernes de géométrie appliquée. Part. I : Théorie des instruments de mesure; description et règles pratiques pour leur emploi. Fasc. 1. Milan. In-8°, av. 250 fig. 2 fr. (L'ouvrage complet en 20 fascicules.)

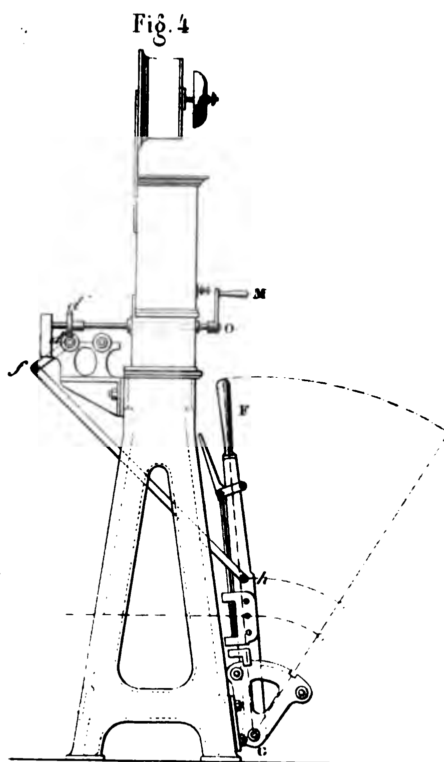


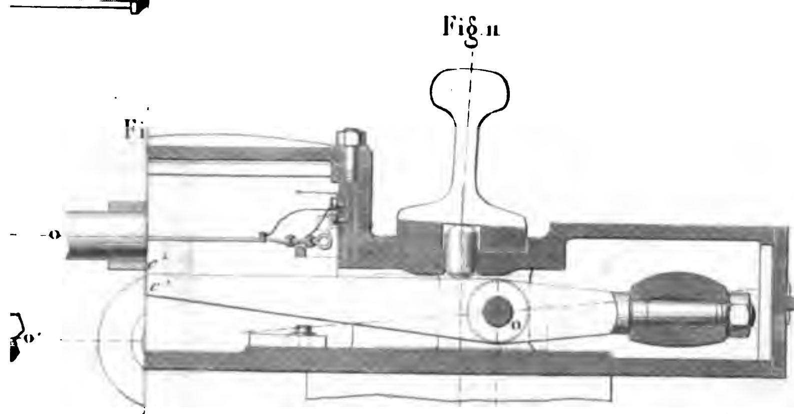




Macquet sc







Macquet sc.

Fig. 4

Fig. 6

.8

b (Fig. n)

Fig. 18

Fig. 19

Fig. 20

Fig. 16

Laeken F

Fig. 17

Fig. 21

Fig. 22

Fig. 24

Fig. 25

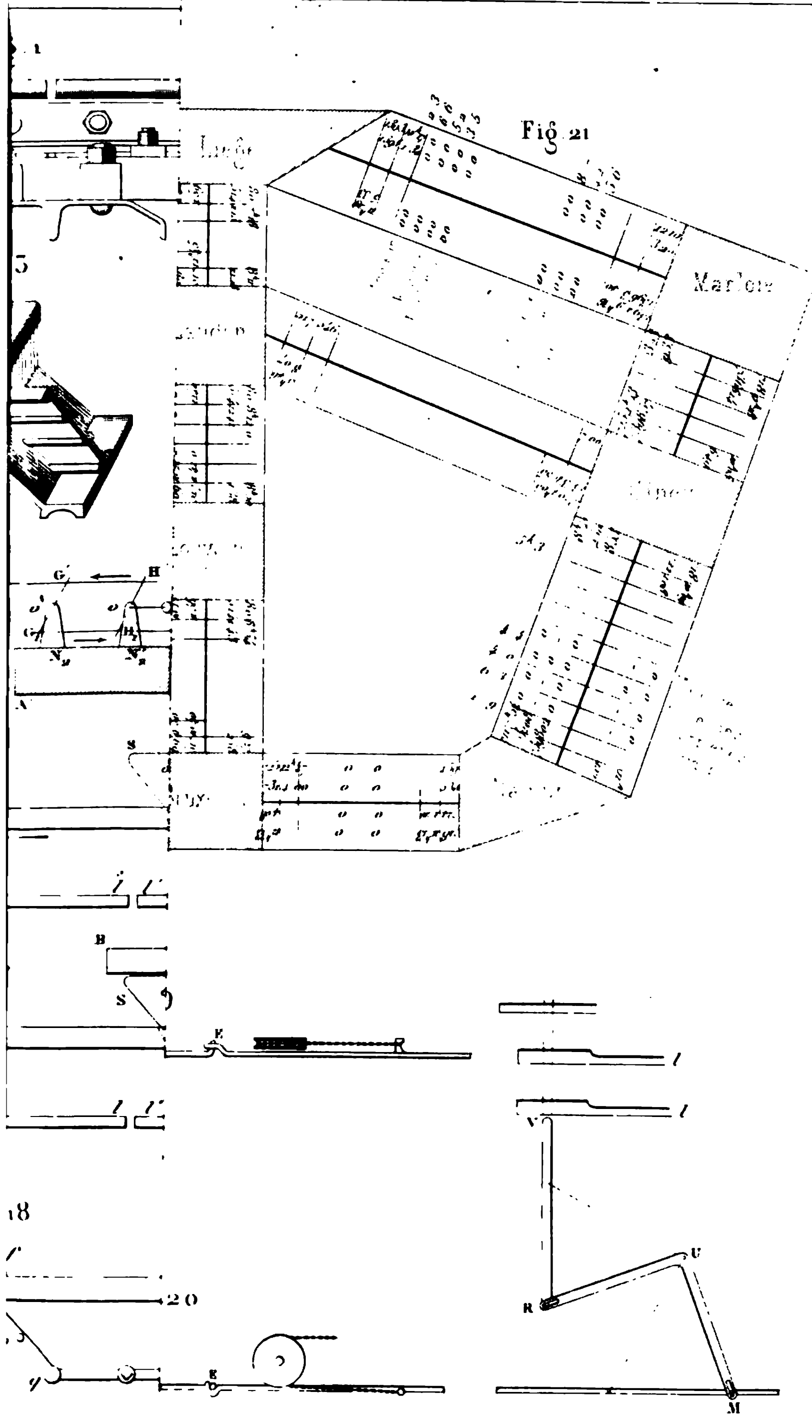
Point dangereux

pétard

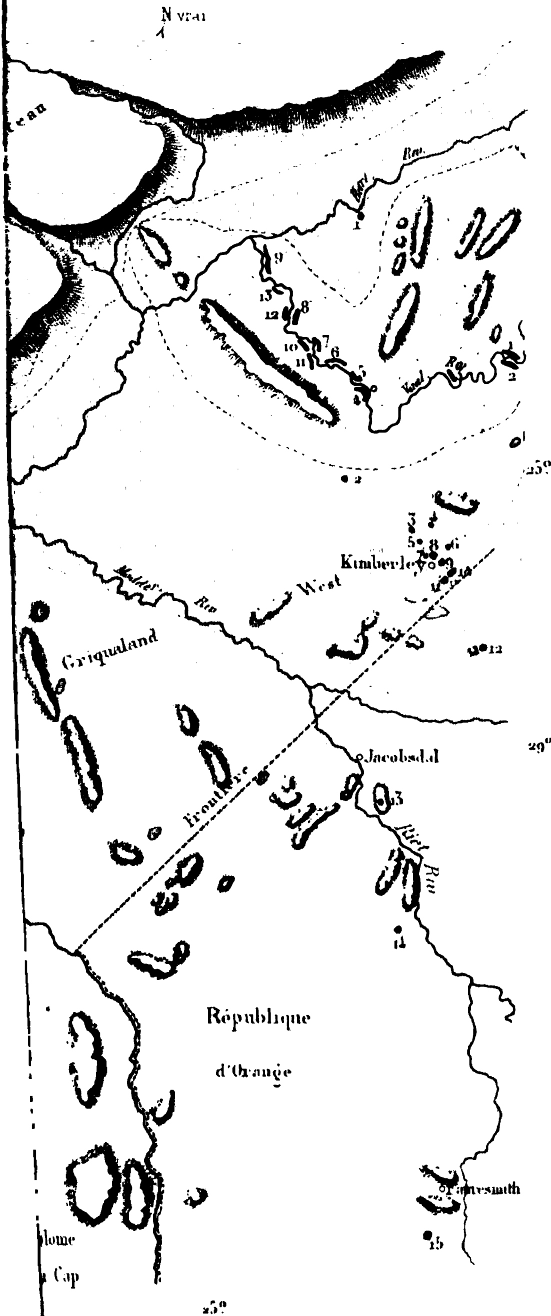
100

...rie. T. VII. pages 9...

Macquet sc

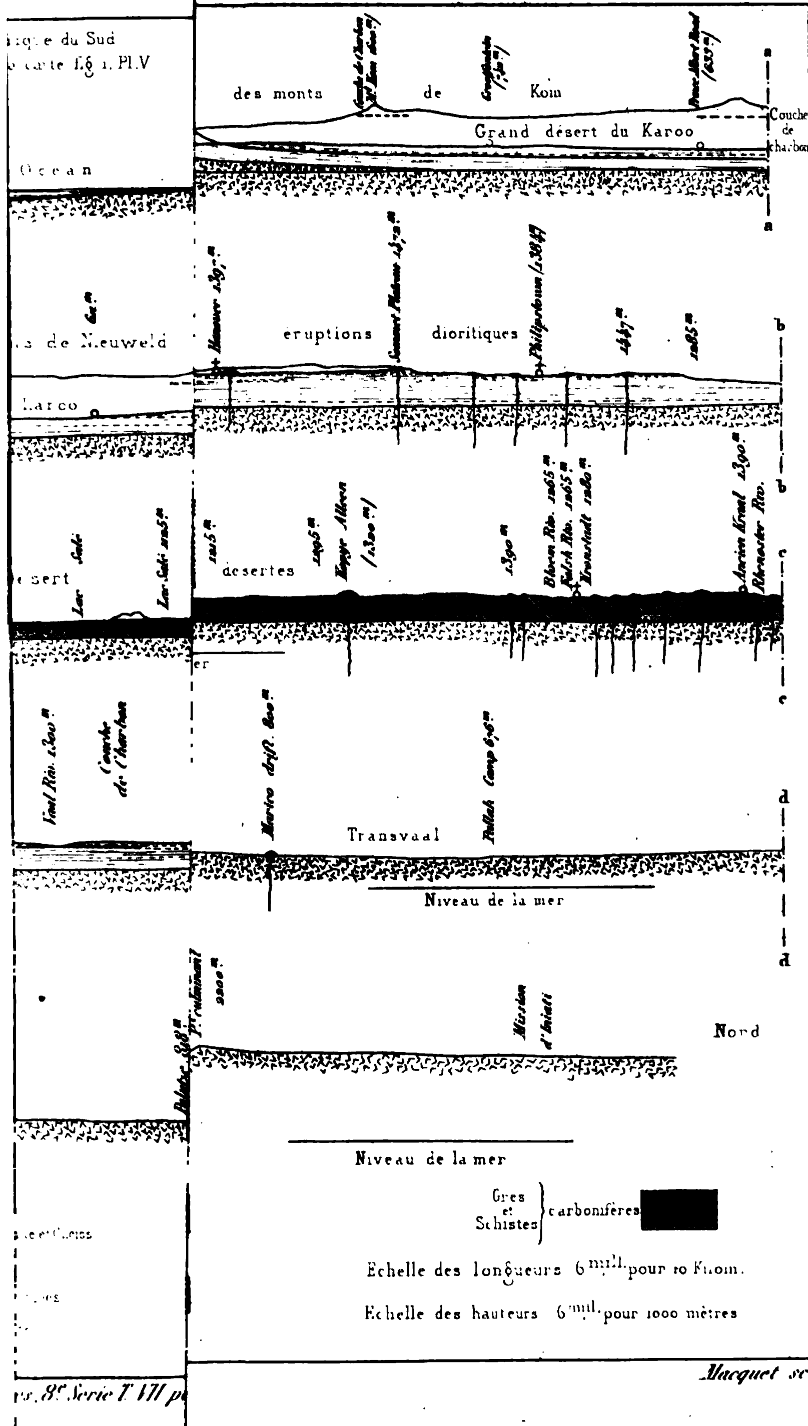


Macquet sc.


Fig. 2. Carte de la région diamantifère Echelle de 1/1500.000
N vrai
Kimberley
West
Griqualand
Jacobsdal
République
d'Orange
Fauresmith
29°
25°
Macquet sc.



PL. VI



Macquet sc

…e l'Afrique du S…

Echelle des longueurs $6^{mill.}$ pour 10 Kilom.

Echelle des hauteurs $6^{mill.}$ pour 1000 mètres

Grand plateau sans eau. 1000 a 1100^{m} Bushmanland

a

a

b

Republique

b

Terr. de Natal

Océan Indien

…2. Coupe N. 3…

Légende de la fig 2

- Granite et Gneiss
- Roches cristallines et métamorphiques
- Coulée de Mélaphyre
- Schistes bleu-noirs du Karoo
- Grès gris et Schistes du Karoo
- Grès et Schistes probables

(Trias)

- Dôme / Coulée — de Diorite
- Mine de diamants

Légende de la fig 1

- Granite et Gneiss
- Roches cristallines et métamorphiques
- Dévonien
- Brèche mélaphyrique du Karoo
- Schistes inférieurs du Karoo
- Formation moyenne et supérieure du Karoo

(Trias)

- Nappes de Mélaphyre
- Dômes de Diorites

Macquet

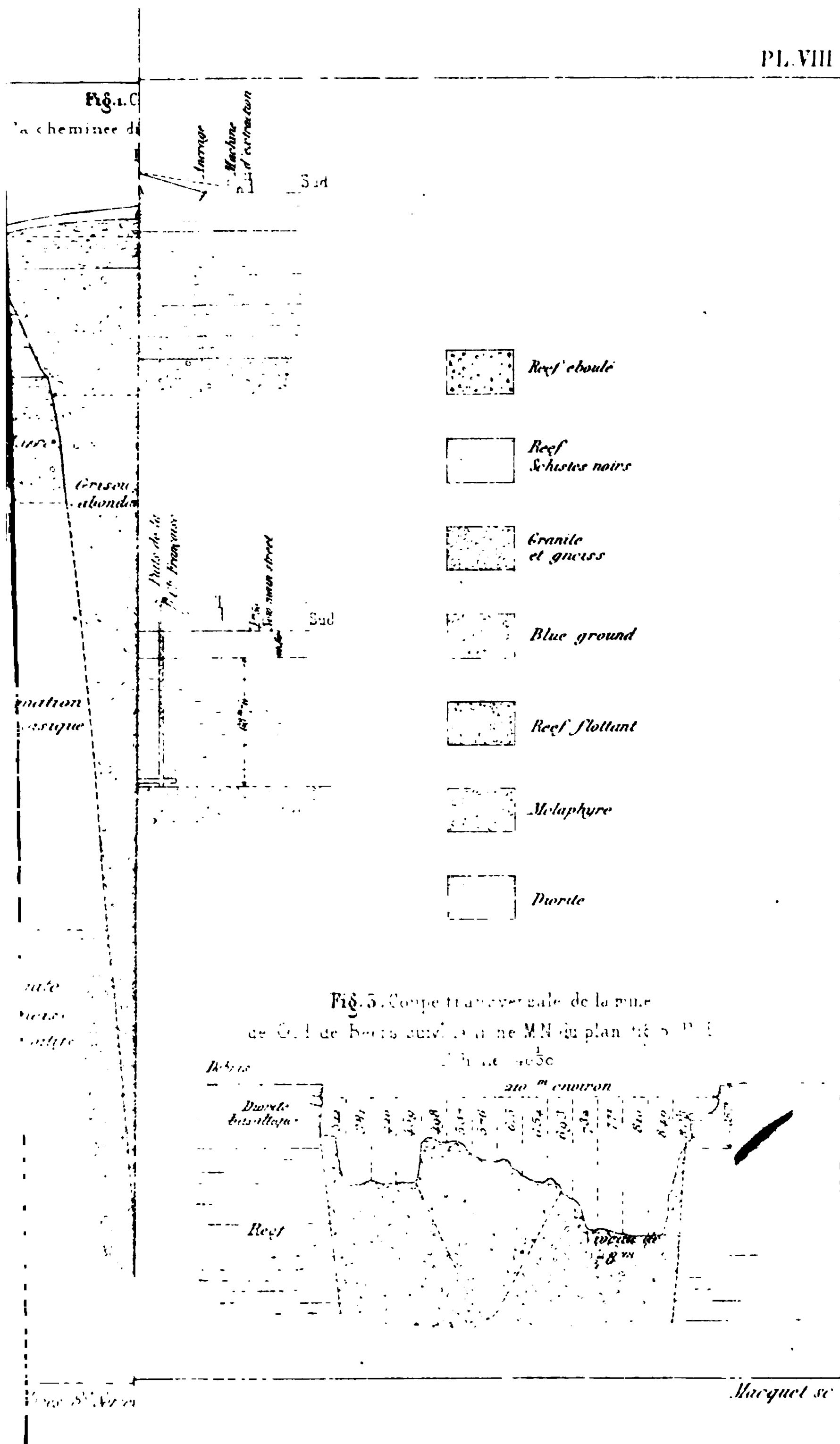


Fig. 5. Coupe transversale de la mine de ... de Beers suivant la ligne MN du plan

Fig. 3

Projection verticale

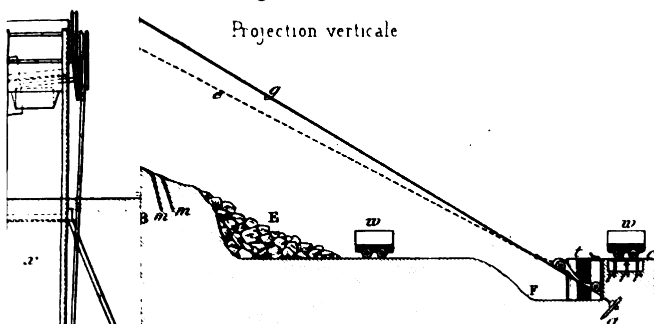


Fig. 4. Plan

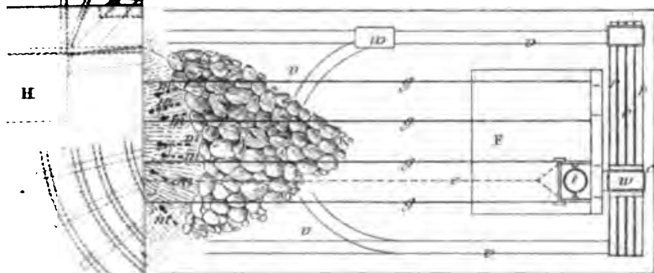


Fig. 6

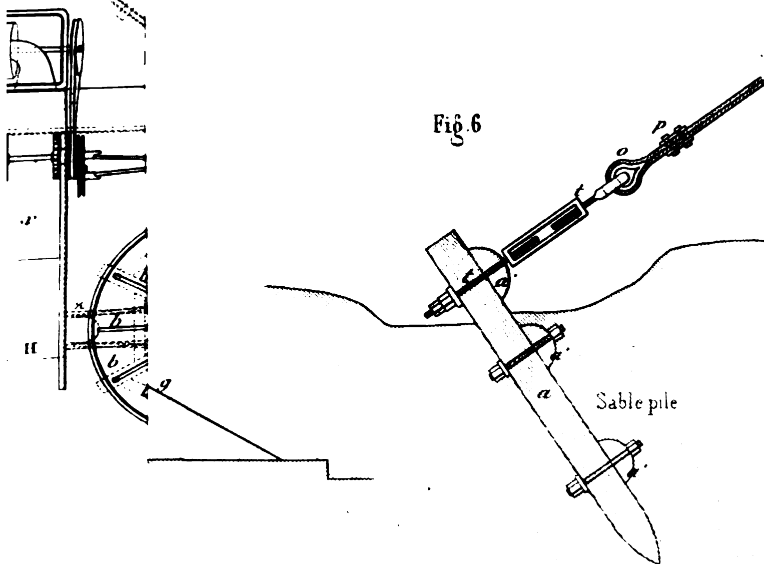
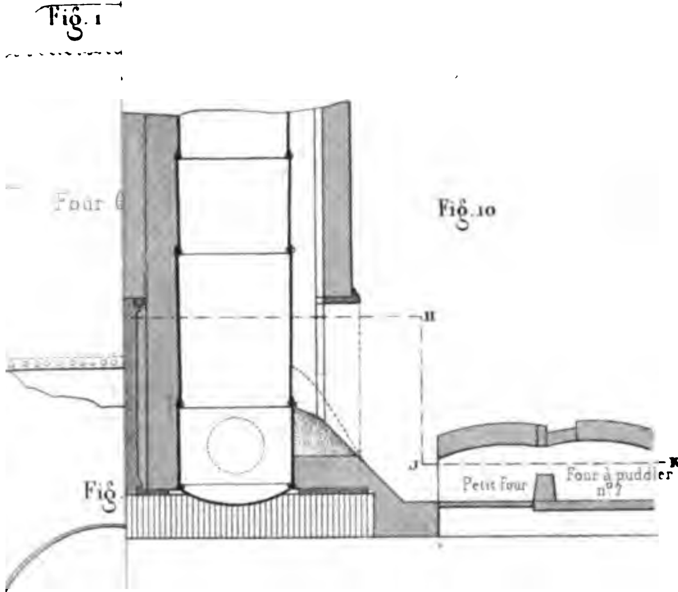
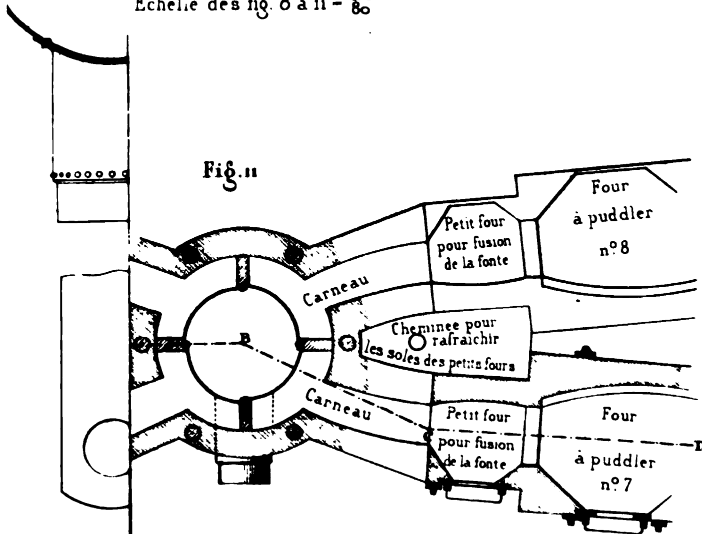


Fig. 1



Echelle des fig. 8 à 11 – 1/80



Macquet sc

